



# TREBALL FINAL DE GRAU



ESCOLA  
POLITÈCNICA SUPERIOR  
UNIVERSITAT DE LLEIDA  
INSPIRING THE FUTURE

Estudiant: Miriam Medina Pujol

Titulació: Grau en Arquitectura Tècnica i Edificació

Títol de Treball Final de Grau: **Projecte de rehabilitació energètica i bioclimàtica d'un edifici a la ciutat de Lleida**

Director/a: David Pàmpols Camats

Presentació

Mes: Juny

Any: 2018

## **AGRAÏMENTS**

Sempre és necessària l'ajuda d'algú, algú que et guiï, t'aconselli, et corregeixi, et recolzi i que hi sigui sempre que el necessites. Aquest ha set el meu tutor, l'Arquitecte David Pàmpols. Ell ha resolt tots els meus dubtes i m'ha ensenyat el valor de la feina ben acabada i entrego aquest treball amb la seguretat que em dona la seva supervisió. Gràcies per haver compartit amb mi la il·lusió al fer-lo.

També als companys amb els que hem compartit incomputables hores de treball, per les bones estones i les no tan bones, per tenir en tot moment una paraula d'ànims preparada, gràcies per estar sempre disposats a fer-me més fàcil aquesta tasca.

I finalment, a la meva família i parella per haver estat en mi des del primer dia, donant-me suport en tot i confiant en mi més que jo mateixa. Les paraules mai seran suficients per demostrar la meva estima i agraïment.

Gràcies a tots vosaltres avui finalitzo el meu Treball Final de Grau, un treball que m'agradaria que fos l'inici d'un llarg camí en aquest món de l'edificació.

## ÍNDEX

1	Introducció .....	5
1.1	Objectius .....	5
1.2	Organització del treball .....	6
2	Memòria .....	7
2.1	Situació i localització .....	7
2.2	Entorn de l'edifici .....	10
2.3	Normativa urbanística .....	11
2.4	Descripció de l'estat actual de l'edifici .....	11
2.5	Distribució de l'habitatge .....	12
2.6	Superfícies útils i construïdes .....	12
2.7	Memòria constructiva .....	15
2.7.1	Sistema de fonamentació .....	15
2.7.2	Sistema estructural .....	15
2.7.3	Sistema d'envoltant .....	17
2.7.4	Sistema de compartimentació interior .....	18
2.7.5	Sistema d'acabats .....	18
2.7.6	Fusteria exterior i interior .....	20
2.7.7	Sistemes d'acondicionament d'instal·lacions .....	21
2.8	Benestar i confort en l'edifici .....	23
2.8.1	Que és el Síndrome de l'Edifici Malalt? .....	24
2.8.2	Causes .....	24
2.8.3	Solucions .....	26
3	Característiques energètiques i càlcul de les exigències de l'edifici .....	27
3.1	Procediment de càlcul del comportament energètic de l'edifici .....	30
4	Estudi de possibles solucions .....	33
4.1	Solució 1 – Aïllament per l'interior .....	33
4.2	Solució 2 - Aïllament per l'interior en la façana principal i per l'exterior en la secundària .....	37
4.3	Solució 3 - Aïllament per l'interior en la façana principal i per l'exterior en la secundària .....	42
5	Comparativa entre les solucions .....	48
5.1	Comparativa energètica .....	48
5.2	Comparativa econòmica .....	49

5.3	Comparativa dels materials.....	49
6	Solució final .....	50
6.1	Introducció .....	50
6.2	Intervencions.....	51
6.2.1	Espais i usos de l'edifici .....	51
6.2.2	Memòria constructiva .....	51
6.2.3	Instal·lacions.....	57
6.2.4	Payback de la rehabilitació.....	62
6.3	Objectius assolits.....	62
6.3.1	Certificat energètic de la proposta.....	63
6.4	Futur del l'eficiència energètica .....	64
7	Conclusions .....	68
8	Plànols .....	69
8.1	Emplaçament i situació relativa .....	69
8.2	Façana principal .....	69
8.3	Secció de l'estat actual .....	69
8.4	Secció després de la rehabilitació .....	69
8.5	Planta de distribució – Planta baixa i primera.....	69
8.6	Planta de distribució – Planta segona, tercera i coberta .....	69
8.7	Planta acotada – Planta baixa i primera.....	69
8.8	Planta acotada – Planta segona, tercera i coberta .....	69
8.9	Descripció dels materials – Planta baixa i primera .....	69
8.10	Descripció dels materials – Planta segona, tercera i coberta .....	69
8.11	Descripció dels materials proposta – Planta baixa i primera .....	69
8.12	Descripció dels materials proposta – Planta segona, tercera i coberta.....	69
ANNEXES	.....	70
1.	Dades cadastrals de l'immoble .....	71
2.	Recull fotogràfic .....	72
3.	Certificat energètic de l'estat inicial.....	73
4.	Certificat energètic de la Solució 1.....	74
5.	Certificat energètic de la Solució 2.....	75
6.	Certificat energètic de la Solució 3.....	76
7.	Fitxa tècnica de les plaques solars .....	77
8.	Càlcul del temps d'amortització.....	78

BIBLIOGRAFIA .....	79
Llibres .....	79
Pàgines web .....	79
Apunts .....	80

## **1 Introducció**

El següent treball consisteix en la proposta de rehabilitació energètica i millora bioclimàtica d'un edifici d'oficines situat a la ciutat de Lleida.

### **1.1 Objectius**

En la realització d'aquest projecte es volen assolir els següents objectius:

- Aprendre a analitzar bé l'edifici cas d'estudi.
- Cercar informació sobre el problema de "l'edifici malalt" i aplicar-la.
- Saber el procediment que ha de seguir-se per obtenir el certificat d'eficiència energètica d'un edifici.
- Arribar a conèixer més a fons diferents sistemes per a la rehabilitació energètica .
- Realitzar un estudi de l'edifici, la seva composició, dimensions, els diferents sistemes constructius que el formen, així com les seves instal·lacions de climatització, electricitat, sanejament, etc.
- Obtenir conclusions i poder millorar aquells punts per tal d'obtenir un edifici molt més confortable per als usuaris i a la vegada reduir el consum energètic.

## 1.2 Organització del treball

El treball s'ha dividit en tres blocs principalment:

En el primer es realitza un estudi de l'estat actual de l'edifici i un càlcul a nivell energètic d'aquest.

En el segon bloc del treball es realitzaran diferents estudis de l'edifici amb diferents propostes de materials per al seu envoltant amb el seu posterior càlcul energètic amb cada una de les opcions plantejades i una comparativa entre totes elles per a poder demostrar quina és la més eficaç a tots els nivells, tant energètic, econòmic com bioclimàtic.

Per últim, en el tercer bloc, es triarà l'opció de rehabilitació més adient de les exposades i es farà un estudi més exhaustiu d'aquesta, amb l'explicació de com s'aplicarà i es modificarà l'edifici. Es realitzaran els plànols necessaris per mostrar quina serà la rehabilitació final.

Per tant el treball busca mostrar que molts cops la millor opció a nivell energètic no és la millor a nivell econòmic o bioclimàtic, i, per tant, hem de saber buscar un punt entremig dels conceptes, estalviant energèticament però a un preu raonable i utilitzant els materials adequats.

Per a la redacció d'aquest treball es seguirà el CTE que descriu el contingut que ha de tenir un projecte d'edificació a qualsevol nivell, tot i això, el treball que es planteja a continuació no és fa com un projecte sinó com un treball acadèmic.

## 2 Memòria

### 2.1 Situació i localització

L'emplaçament de l'edifici a estudiar en aquest treball es troba situat a la ciutat de Lleida, a l'Avinguda Prat de la Riba número 10.



**Fotografia 1** - Edifici de la Caixa de Tarragona

El cas a estudiar és l'antic edifici de la Caixa Tarragona que va ser construït al 1985 i que fa uns anys va quedar abandonat degut al tancament del banc. Aquest consisteix en una planta baixa i tres plantes superiors.



Pel que fa a l'entorn Prat de la Riba és una de les avingudes més importants de Lleida i per tant està totalment urbanitzat i disposa de tots els serveis corresponents.



**Fotografia 2** – Vista aèria de l'avinguda Prat de la Riba

La parcel·la on està situat l'edifici és de geometria rectangular i topografia lleugerament inclinada en la direcció Nord-Est. L'edifici es troba en una petita mançana que llinda amb els següents carrers:

1. Nord: Avinguda Prat de la Riba
2. Est: Carrer Sant Martí
3. Oest: Carrer de la Llitera
4. Sud: Carrer Bonaire



**Fotografia 3** - Vista aèria de la mançana

L'edifici té entrada per la mateixa avinguda on està ubicat.

A continuació es realitzarà una fitxa tècnica amb tota la informació que s'ha pogut obtenir de l'edifici:

INFORMACIÓ DE L'EDIFICI	
Localitat	Lleida
Ubicació	Av. Prat de la Riba
Codi Postal	25005
Any de construcció	1985
Classe	Urbà
Ús	Oficines
Tipus de finca	Parcel·la amb un únic immoble
Tipologia	Edificació entre mitgeres
Superfície solar	219 m <sup>2</sup>
Superfície construïda	784 m <sup>2</sup>
Altura reguladora	25 m
Fons edificable	12 m
Referència Cadastral	1804817CG0110D0002FU

## 2.2 Entorn de l'edifici

Lleida és una ciutat espanyola de la comunitat autònoma de Catalunya, capital de província i pertanyent a la comarca del Segrià.

Té una població de 139.809 habitants<sup>1</sup> i la seva regió urbana té un total de 363.900 habitants àrea metropolitana. El seu terme municipal té 211,7 km<sup>2</sup>, un dels més extensos de Catalunya.



**Fotografia 4** - Vista aèria de Lleida

Entre els bens d'interès cultural situats en el municipi destaquen les seves catedrals, la Seu Vella i la Catedral Nova, el palau de la Paeria o l'antic Hospital Santa Maria. En matèria d'equipaments culturals trobem el Museu Diocesà, l'Auditori Municipal Enric Granados, el Teatre de l'Escorxador o el Palau de Congressos de la Llotja.

Lleida és un important nucli de serveis i és la ciutat de referència en matèria d'assistència hospitalària, centres educatius, oferta cultural i d'oci, etc. En una àmplia zona que inclou les comarques de la província lleidatana i algunes aragoneses. Segons un estudi econòmic, l'àrea d'influència comercial de Lleida té 497.678 habitants.

L'economia de la ciutat s'assenta de manera majoritària en el sector serveis, que dona feina al 71,4% de la població (2001), seguit de la indústria (13,1%), la construcció i l'agricultura (4,2%).

---

<sup>1</sup> Data extreta de la INE 2013

També cal destacar la Fira de Lleida, que és ja la segona institució firal catalana després de la Fira de Barcelona.

Pel que fa als accessos a la ciutat, Lleida està ben comunicada per carreteres, autopistes (A-2 que la uneix amb Madrid i Barcelona, A-22 que la comunica amb Huesca i A-14 amb Vielha) i autovies (AP-2 que també la uneix amb Madrid i Barcelona). En matèria de transport públic, Lleida té una important estació ferroviària de la qual parteixen trens d'alta velocitat, llarga distancia, regionals i en un futur rodalies. Des de l'estació d'autobusos de la ciutat surten diverses línies interurbanes que la connecten pràcticament amb tots els pobles i ciutats del seu voltant. Finalment, des del gener del 2010, Lleida disposa de l'Aeroport d'Alguaire, situat a 15 km de la ciutat.

### **2.3 Normativa urbanística**

El Pla General de Lleida té l'objectiu d'ordenar urbanísticament la totalitat del seu terme municipal. D'acord amb el que marca la Legislació Urbanística vigent, aquest Pla consta dels següents documents normatius:

- Memòria general del Pla
- Normes urbanístiques
- Plànols d'ordenació
- Programa d'actuació
- Estudi econòmic-financer

Aquesta Normativa Urbanística entra en vigor a l'octubre de l'any 2001.

### **2.4 Descripció de l'estat actual de l'edifici**

És un edifici entre mitgeres amb la façana principal, que llinda amb l'avinguda Prat de la Riba, orientada al Nord-Oest i la secundària, que dona a una petita galeria, al Sud-Est.

L'edifici consta de planta baixa, en la que trobem la zona comercial i d'atenció al públic i, també, un petit portal que dona l'accés a les superiors, que són tres plantes en les que es troben la zona administrativa, jurídica, de gerència i d'emmagatzematge. Finalment trobaríem la coberta plana i intransitable.

## 2.5 Distribució de l'habitatge

Pel que fa a les plantes podem dir que la planta baixa està dividida en dues zones: una que dona l'accés a les plantes superiors, que consisteix en un petit rebedor i les escales i ascensor; i l'altra que, com s'ha dit anteriorment, és la d'atenció al públic i per tant té una distribució que consisteix en una gran sala, en la que es trobava la sala d'espera i les taules dels banquers, una petita sala blindada, els serveis d'homes i de dones, una petita habitació per guardar els estris de neteja i una sala de reunions. La planta primera consisteix en dues sales de juntes, dos despatxos, els banys d'homes i de dones i una sala per al material d'oficina, impressores, arxivadors, etc. La segona i la tercera planta són idèntiques i disposen d'una gran sala per a l'administració, bany per a homes i dones i tres grans espais d'emmagatzematge. Finalment trobem la planta sotacoberta en que únicament existeix l'accés a la coberta.

De les estances dels pisos únicament les que donen a les façanes tenen sortida a l'exterior, unes cap a l'Avinguda i altres cap al patí interior. Les sales de juntes i les d'administració disposen de grans finestrals de banda a banda, en canvi, a l'altre extrem de l'edifici, un dels despatxos disposa de dues portes d'accés a la galeria interior i les sales d'emmagatzematge tenen únicament dues finestres.<sup>2</sup>

## 2.6 Superfícies útils i construïdes

S'ha realitzat una taula dividida en dues parts: una en que es comptabilitzen les superfícies útils, en que es poden diferenciar les estances amb les que compta cadascun dels pisos de l'edifici; i una altra amb les superfícies construïdes, en que es té en compte la planta de l'edifici en conjunt.

---

<sup>2</sup> Tota aquesta distribució és pot veure en els plànols 8.5 i 8.6.

PLANTA BAIXA			185.74 m <sup>2</sup>
01	Oficines	118.27	m2
02	Sala blindada	5.89	m2
03	Distribuïdor	12.55	m2
04	Sala de reunions 1	16.2	m2
05	Bany homes	2.2	m2
06	Bany dones	2.05	m2
07	Sala de neteja	1.86	m2
08	Portal	15.82	m2
09	Ascensor	4.07	m2
10	Escala	6.83	m2
PLANTA PRIMERA			125.10 m <sup>2</sup>
01	Escales	6.75	m <sup>2</sup>
02	Ascensor	4.07	m <sup>2</sup>
03	Distribuïdor 2	10.05	m <sup>2</sup>
04	Sala de juntes 1	20.80	m <sup>2</sup>
05	Sala de juntes 2	15.82	m2
06	Bany homes	5.21	m2
07	Bany dones	6.69	m2
08	Sala d'espera	15.82	m2
09	Sala de material	7.66	m2
10	Despatx 1	12.14	m2
11	Despatx 2	20.09	m2
PLANTA SEGONA			169.08 m <sup>2</sup>
01	Escales	5.75	m2

02	Ascensor	4.07	m2
03	Sala d'administració 1	37.92	m2
04	Distribuidor 3	16.68	m2
05	Bany homes	3.48	m2
06	Bany dones	3.46	m2
07	Emmagatzematge	97.72	m2
PLANTA TERCERA			169.08 m <sup>2</sup>
01	Escala	5.75	m2
02	Ascensor	4.07	m2
03	Sala d'administració	37.92	m2
04	Distribuidor 3	16.68	m2
05	Bany homes	3.48	m2
06	Bany dones	3.46	m2
07	Emmagatzematge	97.72	m2
TOTAL SUPERFÍCIE ÚTIL			649 m <sup>2</sup>

**Taula 1-** Superfícies útils

RESUM SUPERFÍCIES CONSTRUÏDES		
PLANTA BAIXA	208.93	m2
PLANTA PRIMERA	202.28	m2
PLANTA SEGONA	185.45	m2
PLANTA TERCERA	185.45	m2
PLANTA SOTACOBERTA	24.99	m <sup>2</sup>
PLANTA COBERTA	99.64	m <sup>2</sup>
TOTAL SUPERFÍCIE CONSTRUÏDA		906.74 m <sup>2</sup>

Taula 2 - Superfícies construïdes

## 2.7 Memòria constructiva

### 2.7.1 Sistema de fonamentació

No es disposa de l'estudi geotècnic específic de la parcel·la però s'ha realitzat una suposició del sistema existent. La fonamentació del conjunt es projecta mitjançant sabates de formigó armat sobre una base de formigó de neteja que protegeix les armadures inferiors dels elements. Constituïda per diverses sabates corregudes excèntriques sobre les quals recolzaran els pilars del perímetre (geometria quadrada) i sabates corregudes centrades per a la resta de pilars. Totes les sabates estan alineades pel centre o per les cares exteriors en el cas de les perimetrals. Els elements estaran units entre si mitjançant bigues centradores.

### 2.7.2 Sistema estructural

#### Estructura portant

Estructura de formigó armat constituït per pòrtics plans amb nusos rígids de pilars de secció quadrada i circular, i bigues planes i/o de cantó en funció de les llums a salvar. Damunt d'aquest pòrtics es recolzen forjats unidireccionals de biguetes pretesades. En els pòrtics del



perímetre les bigues donen rigidesa al conjunt de la façana i suporten el pes de la mateixa. Tots els pòrtics estan arriostrats transversalment.

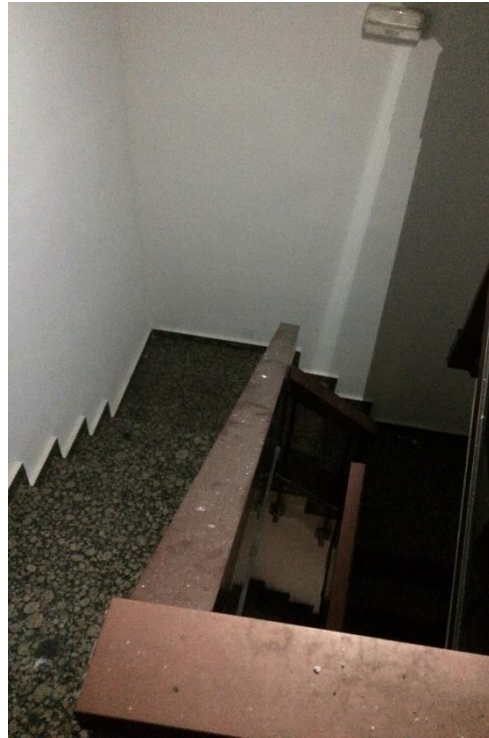
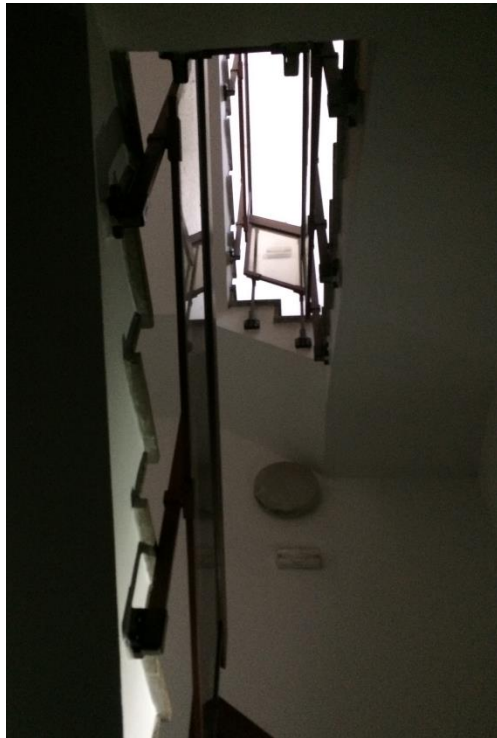
#### Estructura horitzontal

Forjats unidireccionals de biguetes pretesades de formigó armat amb revoltons de morter.

#### Escala

La caixa d'escala és continua en tota l'altura de l'edifici. Aquesta s'ha resolt mitjançant una llosa de formigó armat de 20 cm de gruix. Els esglaons són de fàbrica amb un acabat d'enrajolat de pedra gris. Tots tenen una petja de 32cm i una contrapetja de 20 cm.

L'escala compta amb una barana metàl·lica d'una altura de 85 cm.



**Fotografia 5** – Caixa d'escala

### 2.7.3 Sistema d'envoltant

#### Coberta

En tota la edificació es presenta coberta és plana intransitable i les capes que presenta de l'interior cap a l'exterior són:

- Capa de formació de pendents amb morter sec.
- Membrana asfàltica.
- Capa d'acabat de graves.



**Fotografia 6** - Acabat de graves de la coberta

#### Façana

Trobem dos tipus de façanes:

La façana principal, que dona a l'Avinguda Prat de la Riba, consisteix en un mur cortina, que és en un sistema autoportant, alleugerit i envidriat, independent de l'estructura resistent de l'edifici. Aquest està dissenyat amb perfils d'alumini extruït, tancaments de vidre i un seguit de repeticions d'elements prefabricats modulats metàl·lics amb un acabat de pintura d'un to grana.

La façana secundària està composta per elements ceràmics, sense aïllament ni càmera d'aire, amb un espessor d'uns 40 cm, arrebossat de morter-ciment 1,5 cm i amb un acabat exterior de pintura d'1 cm.



**Fotografia 7** - Façana principal i façana secundària

#### **2.7.4 Sistema de compartimentació interior**

Les divisòries interiors de cada un dels pisos es van realitzar mitjançant envans amb blocs ceràmics el gruix dels quals varia segons la situació en que es troben. Aquest estan arrebossats a banda i banda amb morter-ciment i amb acabats de pintura plàstica o enrajolat, depenent de l'estança. Aquestes divisòries no tenen funció estructural, simplement serveixen per a separar les estances de cada planta i generant així les diferents distribucions.

#### **2.7.5 Sistema d'acabats**

##### Paraments verticals

La capa interior de la façana i la majoria de les divisions interiors tenen un acabat interior realitzat únicament amb una capa de guix i una capa de pintura llisa superficial en la majoria d'elles, a diferencia les divisòries que donen a banys que estan acabades amb peces de gres porcellànic de 20x20 cm de color blanc.



**Fotografia 8** - Acabat vertical com horitzontal d'enrajolat

### Paviments

A l'interior de l'edifici el paviment que més predomina és el terratzó, amb unes rajoles de dimensions 30x30 cm i amb un polit de la superfície com a acabat.

També podem trobar en algun despatx i sala de juntes un paviment de moqueta de color gris clar.



**Fotografia 9** - Acabat vertical de pintura i paviment enrajolat



**Fotografia 10** - Acabat vertical de pintura i paviment de moqueta



### Sostres

En les diferents plantes de l'edifici trobem un sostre de cel-ras de cartró guix, mentre que en les zones comuns com serien les escales i el portal el sostre és el mateix formigó del forjat amb un acabat de pintura.



**Fotografia 11** - Fals sostre

### **2.7.6 Fusteria exterior i interior**

#### Fusteria exterior

Hi ha elements de diferents materials. A la façana principal trobem elements (marcs i premarcs) metàl·lics com serien la porta principal del local comercial i la de l'accés a la resta de l'edifici i un seguit d'obertures també metàl·liques i abatibles d'eix vertical. En la façana posterior tots els elements que trobem són de fusta, tant les portes de doble fulla que donen accés al pati interior com les finestres. Totes tenen en comú que es tracta de fusteria practicables sense ruptura de pont tèrmic i vidre simple.



**Fotografia 12** - Fusteria exterior de fusta

### Fusteria interior

En la planta baixa trobem portes de vidre, de fusta i una blindada. Pel que fa a les plantes superiors es disposa de portes batents de fusta en totes les obertures interiors.



**Fotografia 13** - Porta de vidre d'un despatx i porta blindada

## **2.7.7 Sistemes d'acondicionament d'instal·lacions**

### Sanejament

El sanejament de l'edifici consta de diferents conductes de PVC i arquetes prefabricades que connecten els diferents elements dels banys a la xarxa de clavegueram de la ciutat. Tots els aparells estan dotats de sifó individual que conduiran a les baixants les aigües brutes.

El sistema de desaigua es realitza de forma conjunta per a les aigües negres i grises, portant-les fins a la xarxa de sanejament general del municipi.

L'edifici manca de sistema de recollida d'aigües pluvials per el que aquestes cauen directament al carrer des de la coberta o el pati interior.

### Subministrament d'aigua

L'habitatge compta amb un subministrament d'aigua potable que es realitza des de la xarxa pública municipal d'abastiment. La instal·lació de lampisteria va ser dissenyada i dimensionada de manera que proporciona aigua amb la pressió i el cabal adequats a tots els locals humits de l'edifici.

Tots els conductes són de coure i estan protegits amb macarrons de plàstic en els trams encastats. La clau d'escomesa es troba enterrada en la vorera de la façana principal i té una tapa registrable per al seu accés.

El comptador està ubicat en la part entrada de la façana d'accés al local comercial.

#### Sistema de calefacció i refrigeració

L'edifici està dotat d'un sistema de calefacció únicament en la planta baixa i la primera, ja que la segona i tercera tenen gran part de la superfície destinada a emmagatzematge de documentació i no deuen trobar necessari fer-hi arribar la instal·lació. És per això que en sales d'administració, on si que s'hi trobaven treballadors, hi havia uns petits radiadors elèctrics mòbils, que per tant no requeria instal·lació i que únicament devien encendre en els dies més freds. Per tant això ens fa pensar que durant l'estiu, amb les altes temperatures, potser també podien disposar d'algun element de refrigeració elèctric o ventilador. Aquestes no són unes bones condicions de treball, ja que apart de l'elevat consum que tenen aquest aparells, no es poden programar i per tant els tenien que encendre en arribar al lloc de treball i, de ben segur, que trigaven una bona estona en arribar a la temperatura adequada.

Pel que fa a la instal·lació de les altres dues plantes, aquesta es basa en un sistema de calefacció comú per energia elèctrica que consisteix en una bomba de calor aire-aire, que transfereixen el calor que es pren de l'exterior directament a l'aire interior de l'edifici per escalfar-lo. Aquesta s'utilitza de forma centralitzada i és reversible, és a dir, funcionar com escalfador a l'hivern i aire condicionat a l'estiu. Aquest sistema no requereix instal·lacions complicades, sinó que consisteix en conductes i reixes col·locats en el fals sostre i el seu manteniment és poc. Es programable, es pot automatitzar amb senzillesa i el seu rendiment és elevat. També es pot considerar una energia neta i segura. El seu major desavantatge és que és un dels més costosos, perquè tot i que existeixen tarifes nocturnes, en el cas del nostre edifici només s'hi treballa de dia i per tant aquesta opció no hi és.

#### Sistema elèctric

L'edifici compta amb subministrament elèctric per a la il·luminació dels diferents pisos. Es disposa d'un únic comptador per a tot l'edifici que es troba en la façana entrada d'accés al local comercial i el quadre a l'interior d'un armari situat en el rebedor de la planta baixa. Aquesta xarxa també alimenta els diferents dipòsits acumuladors d'aigua que generen aigua calenta sanitària dels banys.

El cablejat es de coure recobert de proteccions plàstiques i els diferents cables circulen per l'edifici per l'interior de les parets o pel cel·ras.

### Protecció constrainscendis

L'edifici no consta de sortides d'emergència, tot i això està dotat de sistemes fixes d'extinció per pols i boques d'incendis.



**Fotografia 14** - Boca d'incendi de la primera planta

Al ser un edifici d'oficines no disposa d'instal·lació de gas.<sup>3</sup>

## **2.8 Benestar i confort en l'edifici**

Com a arquitectes tècnics hem de crear solucions que optimitzin la qualitat de vida de les persones, punts com aquest són els que permeten estar en contacte amb les necessitats reals, potser poc vistes o tingudes en compte però que no deixen de ser vitals per complir amb el nostre compromís amb la societat.

Tot i això, es sap de molt edificis problemàtics en aquest sentit. Un conegut exemple és la Torre Agbar de Barcelona, encarregat per Aigües de Barcelona a l'Arquitecte Jean Nouvel, doncs els qui hi han treballat han realitzat queixes com que "hi ha molta llum, però a vegades massa", "Quan et dona el Sol t'enlluerna i no pots baixar les persianes", "hi ha endolls per totes parts, creant lipoatrofies" (una infermetat que implica pèrdua de part del teixit gras de les cames), entre altres.

Es per això que els edificis hermètics, els materials de construcció, la qualitat de l'aire, les condicions de disseny, els sistemes de ventilació (que molt cops no existeixen), la qualitat de la construcció i molts altres factors participen en el quadre general de simptomatologia d'un edifici malalt. En el que els símptomes que presenten no solen ser greus i, al no ocasionar un excés de baixes per infermetat, s'acostuma a minimitzar els efectes que es tradueixen en una situació general de desconfort. En la practica aquest efectes són capaços d'alterar tant la salut física com la mental del treballador, provocant un major estrès i una disminució del rendiment laboral.

<sup>3</sup> En l'Annex II podrem veure algunes fotografies més de les diferents estances.



L'edifici cas d'estudi és un edifici d'oficines i sabent que els treballadors passen gran part del dia en ell, es per això que en aquest apartat del treball ens centrarem en l'anàlisi de les condicions d'aquest i, aleshores, mantindrem les que siguin adequades i modificarem les que creguem necessàries per garantir el confort, el benestar, la seguretat i la salut de tots els usuaris.

### **2.8.1 Que és el Síndrome de l'Edifici Malalt?**

L'Organització Mundial de la Salut ha definit aquest síndrome com un conjunt d'infermetats originades o estimulades per la contaminació de l'aire en espais tancats. És a dir, en un conjunt de molèsties i malalties originades per la mala ventilació, la descompensació de temperatura, les partícules en suspensió, els gasos i vapors entre d'altres.

Alguns dels símptomes o les molèsties són: migranyes, nàusees, marejos, tos seca, somnolència, refredats, irritacions de les vies respiratòries, pell i/o ulls, etc.

### **2.8.2 Causes**

Les principals causes són:

- Aire interior contaminat, que en el nostre cas pot deures per la ventilació que impedeix que els contaminants interiors es mantinguin a nivells baixos, podent ocasionar problemes de salut. Existeixen gasos que poden acumular-se a l'interior de l'edifici, el més freqüent el monòxid de carboni, provinent del carrer, que recordem que és un dels més circulats durant tot el dia, o fins i tot els gasos propis del cos humà com el diòxid de carboni. Un altre inconvenient són els circuits de refrigeració central, en els que podem trobar dos inconvenients, el primer és que no es neteja diàriament i en els conductes interiors poden acumular-se bacteries, fongs y altres, el segon és l'ús de desinfectants o productes de neteja que no siguin adequats.
- Pols respirable, el risc potencial de les partícules inhalables depèn tant de la mida de la partícula com la concentració bàsica. Els subministraments comuns d'oficines i els equips han sigut descrits com emissors potencials de nivells perillosos de substàncies químiques. Les robes, el mobiliari, cortines, moquetes i altres teixits aporten a l'aire interior del local diverses fibres i altres contaminants en partícules. Els processos de neteja tals com escombrar, treure la pols o passar l'aspirador normalment eliminen les partícules més grans de brutícia, però amb freqüència augmenten les concentracions de partícules petites en l'aire.

- Perfums artificials, que com hem dit anteriorment poden deures a productes de neteja, ambientadors, etc.
- Poca, inapropiada o excessiva il·luminació. Es coneix com il·luminació a l'aplicació de llum sobre els objectes, o als seus voltants per que es puguin veure. Aquesta té com a propòsit la realització de les activitats normals específiques en l'àrea de treball. Incloent en el cas del nostre edifici l'absència de llum natural i també l'excessiva il·luminació que pot generar reflexos en les pantalles d'ordinador dels llocs administratius.
- Humitat relativa. Definida com la relació, expressada en percentatge, entre la pressió de vapor de la barreja de vapor d'aigua amb aire i la pressió de vapor de la barreja saturada, ambdós a la mateixa temperatura. La humitat és un dels principals factors que proporciona o limita el creixement microbiana. La humitat en els edificis es manifesta de les següents formes:
  - Infiltracions generals a través de murs i sostres en forma de gotera.
  - Formació de taques.
  - Bufat en maons i morters.
  - Corrosió i oxidació en metalls.
  - Olor característics de moho i sensació desagradable en l'ambient.
- Pobre escalfament o refredament de les estances i/o ventilació. Els requeriments de confort tèrmic varien de persona a persona, un nombre determinat de variables interactuen per determinar si les persones estan confortables o no amb la temperatura en un ambient interior; la roba utilitzada, l'edat, l'activitat que realitzen... La temperatura molt elevada o molt baixa pot ser causant d'un ambient no confortable, és per això que es considera un rang de temperatura acceptable per un ambient confortable la que es troba entre 20 °C i 26°C.
- Velocitat de l'aire. El moviment de l'aire es deu, en primer lloc, al mateix fet de que l'aire es refreda i es calenta. En efecte, l'aire fred és més pesat que el calent, per el que resulta un moviment descendent o ascendent, que es denomina convecció natural. Per altra part, altres fenòmens estan vinculats amb la ventilació local, infiltracions, obertura de portes, desplaçament d'objectes i/o de persones, el que s'anomena convecció forçada. No existeix cap exigència en quant a la velocitat de l'aire en ambients interiors, només es recomana que la velocitat no deu excedir de 15 m/min.
- Mal posicionament dels sistemes de calefacció i aire acondicionat, doncs la proximitat dels treballadors a les boques de sortida de l'aire pot fer incòmode treballar.

- Mala insonorització acústica. El soroll és un so no desitjat, que per les seves característiques es susceptible a produir danys a la salut i al benestar humà, per el que representa un dels agents contaminants més freqüents en els llocs de treball. A qualsevol lloc existeix soroll que arriba fins a les persones des de diferents fonts i a través de varies vies. El soroll emes per una font es propaga en totes les direccions i, en el seu camí, pot arribar directament al receptor, ser parcialment absorbit, transmès i/o reflexat per els obstacles que es troba en el camí. Com s'ha nombrat anteriorment l'edifici es situa en una de les avingudes més transitades de la ciutat en totes les hores del dia i per tant el soroll dels cotxes, sirenes, etc. que arriben de l'exterior és constant i s'hi ha d'afegir els del mateix edifici com l'ascensor, conduccions d'aigua, impressores o fotocopiadores, telèfon, ordenadors, entre d'altres. Es cert que en les oficines estranya vegada es presenten riscos de pèrdua de capacitat auditiva, però també és cert que el soroll, encara a nivells allunyats dels que produeixen danys auditius, pot donar lloc a altres efectes com són: alteració fisiològica, distraccions, interferències en la comunicació o alteracions psicològiques.
- Pobra ergonomia i disseny del mobiliari. Moltes hores en una mala posició poden crear lesions musculars que poden anar a més si tenim en compte que els treballadors es poden trobar en situacions de nervis i cansament.

Combinant totes aquestes causes amb una forta pressió laboral pot concloure trobant un alt nivell de treballadors malalts, baixa productivitat, baixa satisfacció laboral i alta rotació d'empleats. És per això que s'ha de formular les mesures correctores a fi de minimitzar o eliminar els efectes del Síndrome de l'Edifici Malalt.

### 2.8.3 Solucions

Per solucionar el problema s'han de destituir les fonts contaminants o modificar-les. Començarem per reemplaçar la moqueta del terra de les diferents estances, intentarem emmagatzemar fora fonts d'emissions de contaminants com pintures, adhesius, dissolvents, pesticides; o almenys intentarem tenir-los en àrees molt ben ventilades, i l'ús d'aquests contaminants durant períodes en que no hi hagi ocupació en l'edifici.

Modificarem la posició de les fonts de fred i calor, així com els sistemes de renovació d'aire de manera indirecta perquè mai estiguin sobre els caps o sobre els cossos de les persones que treballen.

En el cas de que hi hagi problemes en l'aire de l'ambient adquirirem un purificador.

Crear normes bàsiques perquè les condicions ambientals en què hagin de conviure diverses persones amb uns criteris lògics de la qualitat de l'aire:

- Temperatura
- Humitat
- Renovació de l'aire

La temperatura ideal estarà al voltant dels 22 a 24º amb un índex d'humitat que no creï la sensació d'aclaparament.

I finalment establir i executar un programa de manteniment i neteja del sistema d'aire acondicionat, amb la finalitat de resoldre problemes de temperatura i humitat relativa.

### **3 Característiques energètiques i càlcul de les exigències de l'edifici**

La majoria dels edificis que podem trobar a Lleida estan construïts sense la protecció tèrmica adequada, és a dir, sense el necessari aïllament tèrmic. Aquests edificis són autèntics “depredadors” d'energia, és per això que en la reforma incorporarem l'aïllament necessari per reduir el seu consum energètic.

El comportament energètic a la majoria dels edificis actuals és molt deficient des del punt de vista de l'eficiència energètica.

Una baixa qualitat de l'edificació juntament amb inadequades solucions constructives de l'envoltant que protegeix els espais interiors de l'ambient exterior i juntament amb inadequats sistemes d'instal·lacions comporta un excés de despesa d'energia amb l'objectiu de fer-los habitables.

La fi de tota rehabilitació energètica és corregir aquestes deficiències, optimitzant el consum i augmentant la confortabilitat de l'edifici.

Els principals objectius de la rehabilitació energètica dels edificis es resumeix en cinc punts fonamentals:

1. Millorar la seva envoltant tèrmica aconseguint una menor demanda energètica o reduint les pèrdues energètiques que poden sortir per la coberta, les façanes, les mitgeres, les fusteries, etc.
2. Fer més efectives les instal·lacions, és a dir, millorar les instal·lacions de calefacció, refrigeració, il·luminació...
3. Millorar les condicions de confort i de incidències a la salut dels ocupants de l'edifici, ja que sovint els edificis poc eficients solen anar lligats a unes males condicions de salubritat per als usuaris.
4. Reduir les emissions de CO<sub>2</sub>.
5. Estalvi econòmic.

Si amb la rehabilitació que portem a terme aconseguim assolir aquests cinc objectius, els resultats es veuran reflectits en la certificació d'eficiència energètica, la qual permet reduir el consum i, per tant, estalviar energèticament i econòmicament i una revaloració de l'edifici.

El nostre edifici presenta les següents característiques:

- Ubicació: Es troba en la zona climàtica denominada D3, que es caracteritza per unes temperatures extremes, molt fredes a l'hivern i caloroses a l'estiu. Podríem igualar el clima a altres ciutats com Madrid, Zaragoza, Ciudad Real, entre d'altres.
- Tipologia de l'edifici: El bloc estudiat és únicament d'oficines, de 3 plantes i una planta baixa, amb una alçada de 19 m i la superfície de cada planta és:
  - Baixa: 185.74 m<sup>2</sup>
  - Primera: 125.10 m<sup>2</sup>
  - Segona: 169.08 m<sup>2</sup>
  - Tercera : 169.08 m<sup>2</sup>
- La façana principal és un mur cortina i la seva superfície aproximada és de 143 m<sup>2</sup>. Consta que la façana per planta és de 32 m<sup>2</sup> (62 m<sup>2</sup> tenint en compte façana principal i secundària). La superfície d'envidrament és 14,6 m<sup>2</sup> per planta.

- La façana secundària és un mur ceràmic i la seva superfície aproximada és també de  $143 \text{ m}^2$ . La façana per planta és de  $32 \text{ m}^2$ . La superfície d'envidrament és  $2,8 \text{ m}^2$  per planta.
- El sistema de calefacció inicial és una instal·lació elèctrica de bomba de calor reversible i centralitzat per a les dues plantes baixes de l'edifici únicament.

Qualsevol canvi que realitzem en l'edifici cal que ens assegurem que compleix tota la normativa vigent i aplicable en la rehabilitació. Aquesta normativa és:

- Normes de caràcter general
- Ordenació de l'Edificació
- Codi Tècnic de l'Edificació
- Procediment bàsic per a la certificació energètica dels edificis
- Document bàsic de DB-HE "Estalvi Energètic"
- Normes aplicables a les estructures de fàbrica ceràmics
- DB SE-F. Seguretat Estructural Fàbrica
- Normes aplicables a les instal·lacions
- DB HS. Salubritat (Capítol 4 i 5)
- Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques als Edificis (RITE)
- Reglament Electrotècnic per a Baixa Tensió i Instruccions Tècniques Complementàries (ITC)
- Normativa aplicable a les cobertes
- DB HS-1. Salubritat
- Normativa Aplicable a la protecció
- DB HR. Protecció contra el soroll
- DB HE. Estalvi d'energia
- DB SI. Seguretat en cas d'incendis

- Prevenció de riscos laborals
- Reglament dels Serveis de Prevenció
- Senyalització de la seguretat al treball

### 3.1 Procediment de càlcul del comportament energètic de l'edifici

Segons la última Directiva Europea 2010/31/UE relativa a l'eficiència energètica dels edificis i el Real Decret 47/2007, del 19 de gener, és obligatori disposar d'un certificat d'eficiència energètica per als edificis, inclosos els edificis existents, quant es fiquin en venda o es lloguin a partir de l'1 de gener del 2013. En aquest certificat, i mitjançant una etiqueta d'eficiència energètica, s'assignarà a cada edifici una Classe Energètica d'eficiència, que variarà des de la classe A, per els energèticament més eficients, a la classe G, per als que ho siguin menys. Aquesta certificació servirà per qualificar un edifici ja que el consum d'energia de cada immoble depèn de molts factors:

- La zona climàtica.

La qual podrem determinar gràcies al Document Bàsic HE Estalvi d'Energia, en l'apèndix D i la taula D.1. Zones climàtiques.

Provincia	Capital	Altura de referencia (m)	Desnivel entre la localidad y la capital de su provincia (m)				
			≥200 <400	≥400 <600	≥600 <800	≥800 <1000	≥1000
Albacete	D3	677	D2	E1	E1	E1	E1
Alicante	B4	7	C3	C1	D1	D1	E1
Almería	A4	0	B3	B3	C1	C1	D1
Ávila	E1	1054	E1	E1	E1	E1	E1
Badajoz	C4	168	C3	D1	D1	E1	E1
Barcelona	C2	1	C1	D1	D1	E1	E1
Bilbao	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Burgos	E1	861	E1	E1	E1	E1	E1
Cáceres	C4	385	D3	D1	E1	E1	E1
Cádiz	A3	0	B3	B3	C1	C1	D1
Castellón de la Plana	B3	18	C2	C1	D1	D1	E1
Ceuta	B3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Ciudad real	D3	630	D2	E1	E1	E1	E1
Córdoba	B4	113	C3	C2	D1	D1	E1
Coruña (a)	C1	0	C1	D1	D1	E1	E1
Cuenca	D2	975	E1	E1	E1	E1	E1
Donostia-San Sebastián	C1	5	D1	D1	E1	E1	E1
Girona	C2	143	D1	D1	E1	E1	E1
Granada	C3	754	D2	D1	E1	E1	E1
Guadalajara	D3	708	D1	E1	E1	E1	E1
Huelva	B4	50	B3	C1	C1	D1	D1
Huesca	D2	432	E1	E1	E1	E1	E1
Jaén	C4	436	C3	D2	D1	E1	E1
León	E1	346	E1	E1	E1	E1	E1
Lleida	D3	131	D2	E1	E1	E1	E1
Logroño	D2	379	D1	E1	E1	E1	E1
Lugo	D1	412	E1	E1	E1	E1	E1
Madrid	D3	589	D1	E1	E1	E1	E1
Málaga	A3	0	B3	C1	C1	D1	D1

Fotografia 15 – Taula de les zones climàtiques

- La qualitat constructiva.  
Per la qual s'haurà de realitzar un estudi dels diferents materials i sistemes constructius utilitzats en l'edificació.
- El nivell d'aïllament.  
L'edifici no disposa de cap tipus d'aïllament en ninguna de les façanes ni coberta.
- L'ús que donem als equips

A continuació, es realitzarà una primera diagnosi en que ens centrarem en com està l'edifici actualment, és a dir, sense cap tipus de modificació ni millora del seu envoltant i aleshores analitzarem com es comporta energèticament.

Per aquest anàlisi s'ha escollit el programa CEXv2.3, que ens permetrà realitzar un certificat energètic i això conèixer i obtenir la màxima informació energètica sobre l'edifici en l'estat actual.

Per tant caldrà introduir tota la informació de la que disposem sobre l'immoble:

- Coberta
- Façana principal (Nord)
- Façana secundària (Sud)
- Mitjaneres
- Paviments
- Ponts tèrmics
- Obertures
- Instal·lacions
- Etc.

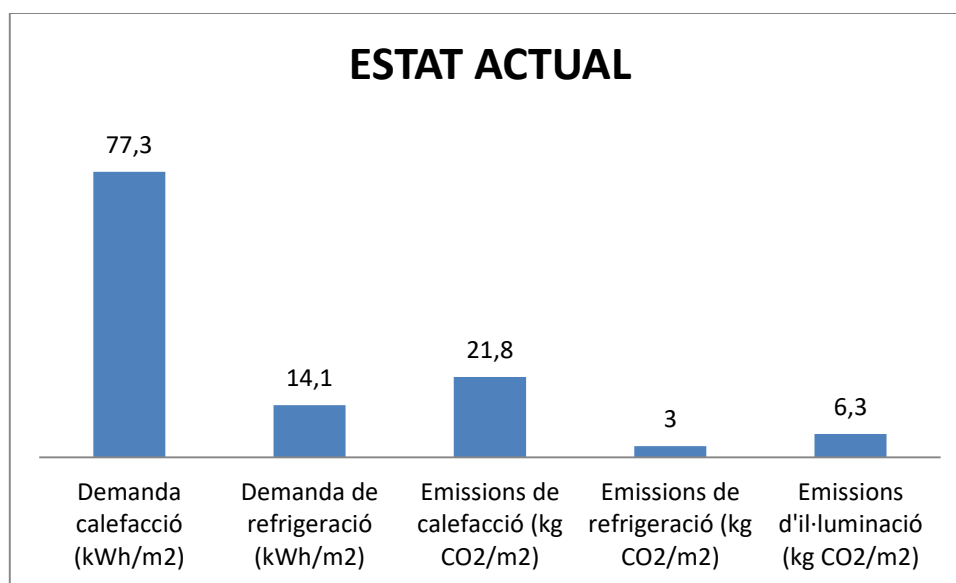
Definits i introduïts al programa tots els elements i sistemes de l'edifici, aquest ens genera la seva qualificació energètica.



La següent fotografia i gràfica mostra els resultats del certificat energètic:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO <sub>2</sub> / m² año]	
<div>&lt; 55.7 A</div> <div>55.7-90.5 B</div> <div>90.5-139.3 C</div> <div>139.3-181.1 D</div> <div>181.1-222.8 E</div> <div>222.8-278.5 F</div> <div>≥ 278.5 G</div>	<div>183.6 E</div>	<div>&lt; 10.2 A</div> <div>10.2-16.5 B</div> <div>16.5-25.4 C</div> <div>25.4-33.1 D</div> <div>33.1-40.7 E</div> <div>40.7-50.9 F</div> <div>≥ 50.9 G</div>	<div>31.1 D</div>

Fotografia 16 - Resultat certificat energètic



Gràfica 1- Demanda i emissions de l'estat actual

Com podem veure en la fotografia, s'ha obtingut una qualificació energètica de l'estat actual amb la lletra D.<sup>4</sup>

Amb els resultats obtinguts podem extreure conclusions del comportament energètic actual de l'edifici per saber cap a on hem d'encarar la rehabilitació per poder millorar les seves prestacions.

<sup>4</sup> En l'Annex III es mostra tota la informació a nivell energètic segons la qualificació obtinguda per l'estat actual de l'edifici.

## 4 Estudi de possibles solucions

Un cop realitzat l'estudi de l'estat actual de l'edifici, l'objecte del present treball consisteix en donar solucions per dotar a l'edifici d'un major confort i habitabilitat i disminuir les despeses a nivell energètic mitjançant la rehabilitació i complint amb la normativa vigent.

Observem que l'edifici té una absència total d'aïllament tèrmic en l'envoltant i que les instal·lacions d'aquest són antigues i/o no donen les prestacions necessàries. Per tant la rehabilitació que es realitzarà consistirà en millores de les característiques tèrmiques amb la incorporació d'aïllament en els tancaments, la substitució de les fusteries exteriors i la modificació d'alguns elements de les instal·lacions.

Però cal remarcar que, tota inversió requereix d'un anàlisi previ per conèixer la seva rendibilitat i, així, obtenir la relació òptima entre l'estalvi energètic i la inversió realitzada per millorar la demanda i el consum. Però també s'ha de tenir en compte que alguns beneficis poden ser quantificables per exemple, com més estalvi de combustible menys contaminació al medi ambient, però altres són difícilment ponderables, com millorar la qualitat de vida, viure en ambients més confortables a l'hivern i a l'estiu, etc. És per això que no únicament ens fixarem en la besant técnico-econòmia, en que tractaríem la seva factibilitat tècnica i el seu comportament tèrmic, sinó que també valorarem altres factors com que el material sigui adequat i no perjudiqui la salut dels usuaris, que no sigui contaminant i/o que pugui ser reciclable. En resum, cercarem la solució més rentable des del punt de vista tècnic-econòmic-bioclímic.

A continuació és presentaran tres possibles solucions per a la rehabilitació, en aquestes únicament tindrem en compte la incorporació d'aïllament i el sistema constructiu utilitzat per a la seva instal·lació, ja que és el canvi més important i per tant el que pot fer canvis més significatius en quant a cost, benestar i, sobretot, millora tèrmica.

Posteriorment, un cop analitzades i escollida la més adequada s'explicarà més detalladament tant aquesta com tots els altres canvis que es facin.

### 4.1 Solució 1 – Aïllament per l'interior

Aquesta proposta de possible solució es basarà en col·locar aïllament per l'interior en les dues façanes i la coberta. S'ha escollit aquest sistema ja que la façana principal consisteix en un mur cortina molt característic i original de l'edifici i d'aquesta forma no se'n fa cap modificació.

També evitem haver d'envair la vorera del carrer, doncs si l'aïllament fos per l'exterior seria necessari col·locar bastides i demanar els permisos necessaris per la instal·lació d'aquests.

Aquest sistema consistirà en la col·locació espuma rígida de poliuretà en les cares interiors dels murs de façana mitjançant un adhesiu de ciment-cola, posteriorment seran revestides amb plaques de guix laminat també adherides a l'aïllament. Finalment, únicament quedarà realitzar un tractament de juntes, cantonades i racons mitjançant pasta de juntes, col·locació de cintes per a juntes i capes de finalització.

S'ha escollit com a material aïllant el poliuretà ja que és una de les solucions que amb el menor gruix dona un elevat coeficient de conductivitat tèrmica, és a dir, que té un excel·lent comportament tèrmic. D'aquesta manera aconseguim que els espais que necessitin les planxes de poliuretà disminueixin el mínim la seva superfície útil, que és un dels principals problema d'aïllar per l'interior.

Té un cost baix, ja que amb un gruix menor s'obté major resistència tèrmica i és de fàcil aplicació, ja que les planxes són lleugeres i al ser de poc gruix es poden tallar i manipular sense dificultat, també s'ha de destacar que tenen una gran adherència sobre qualsevol tipus de superfície. Així doncs, en el nostre cas les planxes de poliuretà es fixaran a la paret mitjançant adhesiu i finalment es revestiran amb plaques de guix laminat.

Existeixen diferents varietats de planxes de poliuretà, cadascuna amb una resistència tèrmica diferent, aleshores nosaltres escollirem un tipus amb una densitat de 35 Kg/m<sup>3</sup> i un gruix de 6 cm, aconseguint així una resistència de 2,00 m<sup>2</sup>K/W.

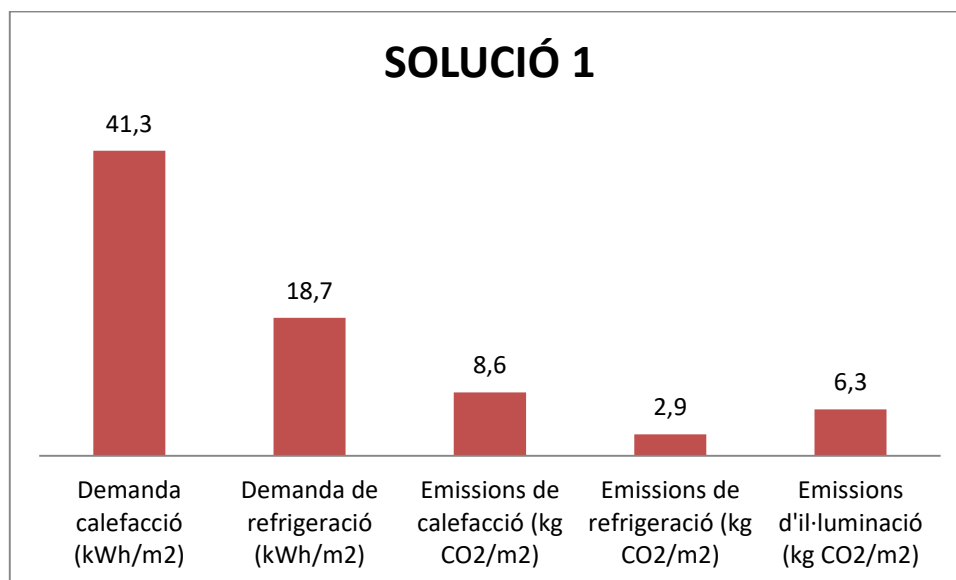
A continuació realitzarem l'estudi energètic per veure com es comporta l'edifici i quina és la millora únicament amb l'addició de l'aïllament.

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m <sup>2</sup> año]		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup> año]	
<div> <div>&lt; 55.6 A</div> <div>55.6-90.4 B</div> <div>90.4-139.1 C</div> <div>139.1-180.8 D</div> <div>180.8-222.5 E</div> <div>222.5-278.2 F</div> <div>≥ 278.2 G</div> </div>	105.3 C	<div> <div>&lt; 10.2 A</div> <div>10.2-16.5 B</div> <div>16.5-25.4 C</div> <div>25.4-33.0 D</div> <div>33.0-40.6 E</div> <div>40.6-50.8 F</div> <div>≥ 50.8 G</div> </div>	17.8 C

Fotografia 17- Resultat certificat energètic de la Solució 1

Com podem observar l'edifici ha millorat obtenint uns valors que pertanyen a la classe C (enlloc de D que tenia inicialment).<sup>5</sup>

Aqueta avaluació, sumant-hi els canvis que es faran en la fusteria exterior i sistemes d'instal·lacions de ben segur que encara farien baixar més aquests nivells d'emissions i de consum energètic i, per tant, també la demanda i emissió de calefacció i refrigeració, que actualment són les següents:



**Gràfica 2-** Demanda i emissions de la Solució 1

Un cop analitzada la solució des del punt de vista energètic, ho farem des del punt de vista econòmic. Per a això s'ha realitzat una estimació del cost per m<sup>2</sup> utilitzant el programa Presto 8.8 amb la base de preus PREOC 2017.

#### 1. SISTEMA AISLAMIENTO TÉRMICO POR EL INTERIOR FACHADA

**NAF010 m<sup>2</sup> Aislamiento térmico por el interior en fachada de fábrica cara vista.** 18,47€

#### 2. DESCRIPCIÓN

Aislamiento térmico por el interior en fachada de fábrica cara vista, formado por **espuma rígida de poliuretano proyectado de 60 mm de espesor mínimo, 35 kg/m<sup>3</sup> de densidad mínima, aplicado mediante proyección mecánica.**

#### 3. PRECIO POR M<sup>2</sup>

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio	
				unitario	Importe

<sup>5</sup> En l'Annex IV es mostra tota la informació a nivell energètic segons la qualificació obtinguda per la Solució 1.

1		Materiales			
mt16pop010ai	m²	Espuma rígida de poliuretano proyectado "in situ", densidad mínima 35 kg/m³, espesor medio mínimo 60 mm, Euroclase E de reacción al fuego, según UNE-EN 14315-1.	1,000	7,78	7,78
			Subtotal materiales:		7,78
2		Equipo y maquinaria			
mq08mpa030	h	Maquinaria para proyección de productos aislantes.	0,270	15,22	4,10
			Subtotal equipo y maquinaria:		4,10
3		Mano de obra			
mo030	h	Oficial 1ª aplicador de productos aislantes.	0,162	17,02	2,76
mo068	h	Ayudante aplicador de productos aislantes.	0,162	15,35	2,49
			Subtotal mano de obra:		5,25
4		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	0,192	7,00	1,34
			Costes directos (1+2+3+4):		18,47

Per tant el cost del m<sup>2</sup> d'aïllament de poliuretà per a façanes és de 18,47 €/ m<sup>2</sup> i sabem que sense contar obertures les dues façanes tenen una superfície de:

FAÇANA PRINCIPAL	48,50 m <sup>2</sup>
FAÇANA SECUNDARIA	82,50 m <sup>2</sup>
	<b>131 m<sup>2</sup></b>

Aleshores suposa un cost de 2.416,57 €.

## 1. SISTEMA AISLAMIENTO TÉRMICO POR EL INTERIOR CUBIERTA

**NAF010** m<sup>2</sup> Aislamiento térmico por el interior en cubierta plana. 23,21€

## 2. DESCRIPCIÓN

Aislamiento térmico por el interior en superficie horizontal, formado por **espuma rígida de poliuretano proyectado de 60 mm de espesor mínimo, 35 kg/m<sup>3</sup> de densidad mínima, aplicado mediante proyección mecánica.**

## 3. PRECIO POR M<sup>2</sup>

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio	Importe
				unitario	
1	Materiales				

mt16pop010ai	m²	Espuma rígida de poliuretano proyectado "in situ", densidad mínima 35 kg/m³, espesor medio mínimo 60 mm, Euroclase E de reacción al fuego, según UNE-EN 14315-1. ISOCIONATO. Poliol 9131.	1,000	12,93	12,93
			<b>Subtotal materiales:</b>		<b>12,93</b>
2	<b>Equipo y maquinaria</b>				
mq08mpa030	h	Maquinaria para proyección de productos aislantes.	1,56	3,85	6,00
			<b>Subtotal equipo y maquinaria:</b>		<b>6,00</b>
3	<b>Mano de obra</b>				
mo030	h	Oficial 1ª aplicador de productos aislantes.	0,090	17,02	1,53
mo068	h	Ayudante aplicador de productos aislantes.	0,090	15,35	1,38
			<b>Subtotal mano de obra:</b>		<b>2,92</b>
4	<b>Costes directos complementarios</b>				
	%	Costes directos complementarios	0,194	7,00	1,36
			<b>Costes directos (1+2+3+4):</b>		<b>23,21</b>

Per tant el cost del m<sup>2</sup> d'aïllament de poliuretà per a façanes és de 23,21 €/ m<sup>2</sup> i sabem que sense contar obertures les dues façanes tenen una superfície de:

COBERTA 180 m<sup>2</sup>

Aleshores suposa un cost de 4.177,80 €

És a dir, que el cost total és de la quantitat de:

COBERTA	4.177,80€
FAÇANES	2.419,57€
	<b>6.597,37 €</b>

#### 4.2 Solució 2 - Aïllament per l'interior en la façana principal i per l'exterior en la secundària

En aquesta segona proposta s'ha escollit un sistema d'aïllament per l'exterior que consisteix en una façana ventilada, aquesta solució seria únicament per la façana secundària, és a dir, la que dona al pati interior.

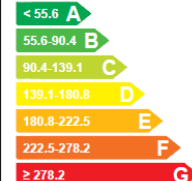
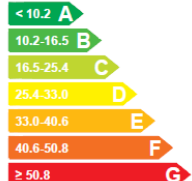
Aquesta solució consistirà en una subestructura metàl·lica, generalment són d'acer galvanitzat o d'alumini, ancorada a la façana i destinada a suportar la fulla exterior d'acabat. Aquesta

estructura deixa un espai fins al mur existent, i en aquest s'hi col·locarà un aïllament semirígid, la llana de roca, adherit a la façana i l'espai sobrant fins a la segona pell serà una càmera d'aire d'uns pocs centímetres. Aquesta segona pell, permet el flux d'aire a través de les juntes que hi ha entre plaques.

La llana de roca és un tipus de llana mineral fabricada a partir de roca volcànica (basalt majoritàriament). Per la seva producció, es fon la roca a més de 1.600 °C per transformar-lo en fibres. En aquell moment se li afegeix un lligant orgànic per fabricar els diferents productes. Aleshores nosaltres escollirem un tipus amb una densitat de 40 Kg/m<sup>3</sup> i un gruix de 6 cm, aconseguint així una resistència de 1,75 m<sup>2</sup>K/W.

En la coberta i la façana principal es mantindrà el sistema d'aïllament per l'interior del cas anterior, únicament es modificarà el material d'aïllament, doncs utilitzarem llana de roca perquè tot l'edifici tingui el mateix tipus.

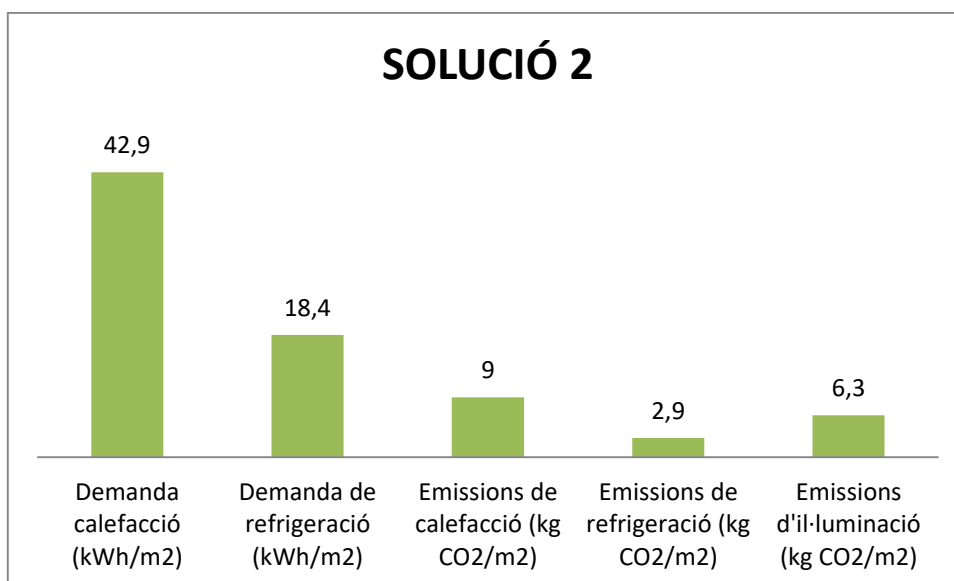
A continuació realitzarem l'estudi energètic per veure com es comporta l'edifici i quina és la millora únicament amb l'addició de l'aïllament.

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m <sup>2</sup> año]		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup> año]	
	107.0 C		18.1 C

**Fotografia 18-** Resultat certificat energètic de la Solució 2

Com podem observar l'edifici ha millorat obtenint uns valors que pertanyen a la classe C (similar a l'obtingut en la solució 1).<sup>6</sup> Aquesta avaluació, sumant-hi els canvis que es faran en la fusteria exterior i sistemes d'instal·lacions de ben segur que encara farien baixar més aquests nivells d'emissions i de consum energètic i, per tant, també la demanda i emissió de calefacció i refrigeració, que actualment són les següents:

<sup>6</sup> En l'Annex V es mostra tota la informació a nivell energètic segons la qualificació obtinguda per la Solució 2.



Gràfica 3- Demanda i emissió de la Solució 2

Un cop analitzada la solució des del punt de vista energètic, ho farem des del punt de vista econòmic. Per a això s'ha realitzat una estimació del cost per m<sup>2</sup> utilitzant el programa Presto 8.8 amb la base de preus PREOC 2017. En aquesta solució s'utilitzen dos sistemes diferents, aleshores s'han realitzat les dues estimacions per separat.

#### 1. SISTEMA AISLAMIENTO TÉRMICO POR EL EXTERIOR FACHADA

**NAF040 m<sup>2</sup> Aislamiento térmico por el exterior en fachada de fábrica cara vista.**

94,52€

#### 2. DESCRIPCIÓN

Aislamiento térmico por el exterior en fachada ventilada, formado por **panel de lana mineral, según UNE-EN 13162, de 60 mm de espesor, fijado mecánicamente.**

#### 3. PRECIO POR M<sup>2</sup>

Código	Unidad Descripción	Precio	
		Rendimiento unitario	Importe
<b>1</b>	<b>Materiales</b>		
mt16aaa020ab Ud	Fijación mecánica para paneles aislantes de lana mineral, colocados directamente sobre la superficie soporte.	10,500	0,96
			10,11
mt16lra020adj m <sup>2</sup>	Panel de lana mineral, según UNE-EN 13162, de 60 mm	1,441	23,50
			33,87



		de espesor, resistencia térmica 1,75 m²K/W, conductividad térmica 0,034 W/(mK).			
mt16aaa030	m	Cinta autoadhesiva para sellado de juntas.	0,210	21,02	4,41
			<b>Subtotal materiales: 48,39</b>		
<b>2</b>	<b>Mano de obra</b>				
mo054	h	Oficial 1ª montador de aislamientos.	1,000	17,02	17,02
mo101	h	Ayudante montador de aislamientos.	1,000	15,35	15,35
Mo011	h	Peón suelto.	0,500	15,15	7,57
			<b>Subtotal mano de obra: 39,95</b>		
<b>3</b>	<b>Costes directos complementarios</b>				
	%	Costes directos complementarios	0,883	7,00	6,18
			<b>Costes directos (1+2+3): 94,52</b>		

Per tant el cost del m² d'aïllament de llana de roca per a façanes és de 94,52 €/ m² i sabem que sense contar obertures la façana secundària té una superfície de:

FAÇANA SECUNDÀRIA 82,50 m²

Aleshores suposa un cost de 7.797,90 €

#### 1. SISTEMA AISLAMIENTO TÉRMICO POR EL INTERIOR FACHADA

NAF020 m² Aislamiento térmico por el interior en fachada de fábrica para revestir. 6,62€

#### 2. DESCRIPCIÓN

Aislamiento térmico por el interior en fachada de fábrica para revestir, formado por **panel rígido de lana mineral, según UNE-EN 13162, no revestido, de 60 mm de espesor, fijado con pelladas de adhesivo cementoso.**

#### 3. PRECIO POR M2

Código	Unidad	Descripción	Precio		
			Rendimiento unitario	Importe	
<b>1</b>		<b>Materiales</b>			
mt16aaa040	m²	Repercusión de adhesivo cementoso para fijación, mediante pelladas, de paneles aislantes en paramentos verticales.	1,000	0,36	0,36
mt16lra020dck	m²	Panel rígido de lana mineral, según UNE-EN 13162, no revestido, de 60 mm de espesor, resistencia térmica 1,75 m²K/W, conductividad térmica 0,035 W/(mK).	1,050	2,64	2,77

			Subtotal materiales: 3,13		
2	Mano de obra				
mo054	h	Oficial 1ª montador de aislamientos.	0,050	17,02	0,85
mo101	h	Ayudante montador de aislamientos.	0,050	15,35	0,77
			Subtotal mano de obra: 3,49		
3	Costes directos complementarios				
	%	Costes directos complementarios	0,062	7,00	0,43
			Costes directos (1+2+3): 6,62		

Per tant el cost del m<sup>2</sup> d'aïllament de llana de roca per a façanes és de 6,62 €/ m<sup>2</sup> i sabem que sense contar obertures la façana principal té una superfície de:

FAÇANA PRINCIPAL 48,50 m<sup>2</sup>

Aleshores suposa un cost de 321,07 €

#### 1. SISTEMA AISLAMIENTO TÉRMICO POR EL INTERIOR CUBIERTA

NAF020 m<sup>2</sup> Aislamiento térmico por el interior en cubierta plana. 24,38€

#### 2. DESCRIPCIÓN

Aislamiento térmico por el interior en superficie horizontal, formado por **panel rígido de lana mineral, según UNE-EN 13162, no revestido, de 60 mm de espesor, fijado con pelladas de adhesivo cementoso.**

#### 3. PRECIO POR M2

			Precio		
Código	Unidad	Descripción	Rendimiento unitario	Importe	
1	Materiales				
mt16aaa040	m²	Repercusión de adhesivo cementoso para fijación, mediante pelladas, de paneles aislantes en paramentos verticales.	1,000	0,94	0,94
mt16lra020dck	m²	Panel rígido de lana mineral, según UNE-EN 13162, no revestido, de 60 mm de espesor, resistencia térmica 1,75 m²K/W, conductividad térmica 0,035 W/(mK).	1,050	18,65	19,58
			Subtotal materiales:	20,52	
2	Mano de obra				
mo054	h	Oficial 1ª montador de aislamientos.	0,070	17,02	1,19
mo101	h	Ayudante montador de aislamientos.	0,070	15,35	1,07
			Subtotal mano de obra:	2,26	

3	Costes directos complementarios				
	%	Costes directos complementarios	0,228	7,00	1,60
			Costes directos (1+2+3): 24,38		

Per tant el cost del m<sup>2</sup> d'aïllament de llana de roca per a cobertes és de 24,38 €/ m<sup>2</sup> i sabem que la coberta té una superfície de:

COBERTA 180 m<sup>2</sup>

Aleshores suposa un cost de 4.388,40 €

És a dir, que el cost total és de la quantitat de:

COBERTA	4.388,40€
FAÇANA PRINCIPAL	321.07€
FAÇANA SECUNDÀRIA	7.797,90€
	<b>12.507,37 m<sup>2</sup></b>

#### 4.3 Solució 3 - Aïllament per l'interior en la façana principal i per l'exterior en la secundària

En aquesta segona proposta es manté la idea del sistema d'aïllament per l'exterior per a no perdre superfície útil, però aquest cop consisteix en un sistema SATE, aquesta solució seria únicament per la façana secundària, és a dir, la que dona al pati interior.

S'explicarà pas a pas en que consisteix el procés de col·locació d'aquest sistema d'aïllament:

Inicialment s'ha de preparar adequadament la superfície on s'hi afegirà, assegurant-se que no existeixen patologies com humitats o altres que farien perdre prestacions al sistema. Un cop assegurat que el mur existent es troba en les condicions idònies, es passarà a la col·locació dels perfils d'arrencada, mitjançant l'ancoratge a la façana amb cargols i tacs. A continuació es col·locarà l'aïllament de llana de roca, aquestes quedaran fixades mitjançant adhesió i reforçades amb fixacions mecàniques, d'aquesta manera, es reforça l'adherència dels panells així com una major protecció i estabilitat. Pel que fa a les cantonades i arestes del mur de l'edifici han de ser segellades amb perfils metàl·lics i malla mitjançant morter.

Seguidament es revestirà l'aïllament amb capes de morter i malla de fibra de vidre amb tractament alcalí. Un cop s'hagi assecat completament és el moment de la imprimació per

aconseguir una total adherència entre la part revestida i l'aïllament. Finalment se li dona un acabat projectat que aconseguix dotar el sistema SATE d'una major protecció enfront de les condicions atmosfèriques amb una excel·lent impermeabilitat a l'aigua de pluja.

En aquest cas també escollirem una llana de roca amb una densitat de  $40 \text{ Kg/m}^3$  i un gruix de 6 cm, aconseguint així una resistència de  $1,75 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

En la coberta i la façana principal es mantindrà el sistema d'aïllament per l'interior de la solució 2.

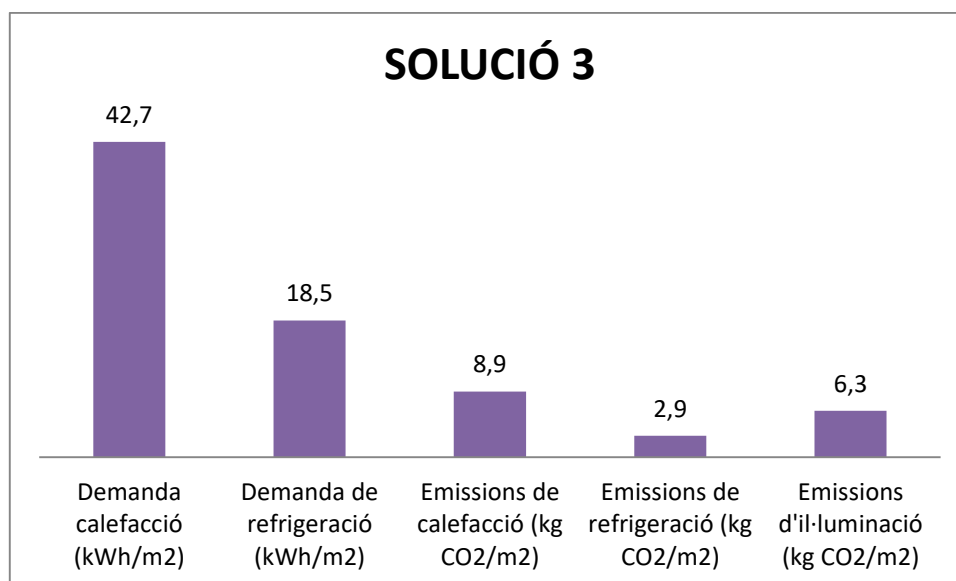
A continuació realitzarem l'estudi energètic per veure com es comporta l'edifici i quina és la millora únicament amb l'addició de l'aïllament.

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO2/ m² año]	
<div> <div>&lt; 55.5 A</div> <div>55.5-90.2 B</div> <div>90.2-138.8 C</div> <div>138.8-180.5 D</div> <div>180.5-222.1 E</div> <div>222.1-277.6 F</div> <div>≥ 277.6 G</div> </div>	106.8 C	<div> <div>&lt; 10.1 A</div> <div>10.1-16.5 B</div> <div>16.5-25.3 C</div> <div>25.3-32.9 D</div> <div>32.9-40.5 E</div> <div>40.5-50.6 F</div> <div>≥ 50.6 G</div> </div>	18.1 C

Fotografia 19 - Resultat certificat energètic de la Solució 3

Com podem observar l'edifici ha millorat obtenint uns valors que pertanyen a la classe C (més alt que l'obtingut en la solució 1 però més baix que en la solució 2).<sup>7</sup> Aquesta avaluació, sumant-hi els canvis que es faran en la fusteria exterior i sistemes d'instal·lacions de ben segur que encara farien baixar més aquests nivells d'emissions i de consum energètic i, per tant, també la demanda i emissió de calefacció i refrigeració, que actualment són les següents:

<sup>7</sup> En l'Annex VI es mostra tota la informació a nivell energètic segons la qualificació obtinguda per la Solució 3.



Gràfica 4 - Demanda i emissions de la Solució 3

Un cop analitzada la solució des del punt de vista energètic, ho farem des del punt de vista econòmic. Per a això s'ha realitzat una estimació del cost per m<sup>2</sup> utilitzant el programa Presto 8.8 amb la base de preus PREOC 2017. En aquesta solució s'utilitzen dos sistemes diferents, aleshores s'han realitzat les dues estimacions per separat.

### 1. SISTEMA AISLAMIENTO TÉRMICO POR EL EXTERIOR FACHADA

**NAF060 m<sup>2</sup> Aislamiento térmico por el exterior en fachada para sistemas SATE.** 37,91€

### 2. DESCRIPCIÓN

Aislamiento térmico por el exterior en fachada de fábrica para revestir, formado por **panel rígido de lana de roca volcánica de alta densidad, no revestido, de 60 mm de espesor**, colocado **con mortero adhesivo y fijaciones mecánicas**, para recibir la capa de regularización y la de acabado, en sistemas compuestos de aislamiento por el exterior (SATE).

### 3. PRECIO POR M2

Código	Unidad Descripción	Precio		
		Rendimiento unitario	Importe	
<b>1</b>	<b>Materiales</b>			
mt16lra030a	m <sup>2</sup> Panel rígido de lana de roca volcánica de alta densidad, no revestido, de 40 mm de espesor, según UNE-EN 13162, resistencia térmica 1,75 m <sup>2</sup> K/W, conductividad térmica 0,035 W/(mK), Euroclase A1 de reacción al fuego, de aplicación como aislante térmico y acústico en sistemas compuestos de aislamiento por el exterior de fachadas.	1,050	15,05	15,81

mt16aaa021a	Ud	Taco de expansión y clavo de polipropileno, con aro de estanqueidad, para fijación mecánica de paneles aislantes.	6,000	0,28	1,68
mt16aaa010	kg	Mortero adhesivo para fijación de materiales aislantes.	8,500	0,70	5,95
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>23,44</b>	
<b>2</b>		<b>Mano de obra</b>			
mo054	h	Oficial 1ª montador de aislamientos.	0,500	17,02	8,51
mo101	h	Ayudante montador de aislamientos.	0,227	15,35	3,48
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>11,99</b>	
<b>3</b>		<b>Costes directos complementarios</b>			
	%	Costes directos complementarios	0,354	7,00	2,48
			<b>Costes directos (1+2+3): 37,91</b>		

Si tenim en compte que l'aïllament per l'exterior s'haurà de col·locar en la façana secundària de l'edifici, això comporta un total de m<sup>2</sup> de:

FAÇANA SECUNDARIA 82,50 m<sup>2</sup>

Aleshores, 82,50 m<sup>2</sup> a 37,91€/m<sup>2</sup> suposa un total de 3.127,57 €.

#### 1. SISTEMA AISLAMIENTO TÉRMICO POR EL INTERIOR FACHADA

**NAF020 m<sup>2</sup> Aislamiento térmico por el interior en fachada de fábrica para revestir.** 6,62€

#### 2. DESCRIPCIÓN

Aislamiento térmico por el interior en fachada de fábrica para revestir, formado por **panel rígido de lana mineral, según UNE-EN 13162, no revestido, de 60 mm de espesor, fijado con pelladas de adhesivo cementoso.**

#### 3. PRECIO POR M2

Código	Unidad	Descripción	Precio		
			Rendimiento	unitario	Importe
<b>1</b>		<b>Materiales</b>			
mt16aaa040	m <sup>2</sup>	Repercusión de adhesivo cementoso para fijación, mediante pelladas, de paneles aislantes en paramentos verticales.	1,000	0,36	0,36
mt16lra020dck	m <sup>2</sup>	Panel rígido de lana mineral, según UNE-EN 13162, no revestido, de 60 mm de espesor, resistencia térmica 1,75 m <sup>2</sup> K/W, conductividad térmica 0,035 W/(mK).	1,050	2,64	2,77

			Subtotal materiales: 3,13		
2	Mano de obra				
mo054	h	Oficial 1ª montador de aislamientos.	0,050	17,02	0,85
mo101	h	Ayudante montador de aislamientos.	0,050	15,35	0,77
			Subtotal mano de obra: 3,49		
3	Costes directos complementarios				
	%	Costes directos complementarios	0,062	7,00	0,43
			Costes directos (1+2+3): 6,62		

Per tant el cost del m<sup>2</sup> d'aïllament de llana de roca per a façanes és de 6,62 €/ m<sup>2</sup> i sabem que sense contar obertures la façana principal té una superfície de:

FAÇANA PRINCIPAL 48,50 m<sup>2</sup>

Aleshores suposa un cost de 321,07 €

## 1. SISTEMA AISLAMIENTO TÉRMICO POR EL INTERIOR CUBIERTA

NAF020 m<sup>2</sup> Aislamiento térmico por el interior en cubierta plana. 24,38€

## 2. DESCRIPCIÓN

Aislamiento térmico por el interior en superficie horizontal, formado por **panel rígido de lana mineral, según UNE-EN 13162, no revestido, de 60 mm de espesor, fijado con pelladas de adhesivo cementoso.**

## 3. PRECIO POR M2

			Precio		
Código	Unidad	Descripción	Rendimiento unitario	Importe	
1		Materiales			
mt16aaa040	m²	Repercusión de adhesivo cementoso para fijación, mediante pelladas, de paneles aislantes en paramentos verticales.	1,000	0,94	0,94
mt16lra020dck	m²	Panel rígido de lana mineral, según UNE-EN 13162, no revestido, de 60 mm de espesor, resistencia térmica 1,75 m²K/W, conductividad térmica 0,035 W/(mK).	1,050	18,65	19,58
			Subtotal materiales:		20,52
2		Mano de obra			

mo054	h	Oficial 1ª montador de aislamientos.	0,070	17,02	1,19
mo101	h	Ayudante montador de aislamientos.	0,070	15,35	1,07
			<b>Subtotal mano de obra: 2,26</b>		
<b>3</b>	<b>Costes directos complementarios</b>				
	%	Costes directos complementarios	0,228	7,00	1,60
			<b>Costes directos (1+2+3): 24,38</b>		

Per tant el cost del m<sup>2</sup> d'aïllament de llana de roca per a cobertes és de 24,38 €/ m<sup>2</sup> i sabem que la coberta té una superfície de:

COBERTA 180 m<sup>2</sup>

Aleshores suposa un cost de 4.388,40 €

És a dir, que el cost total és de la quantitat de:

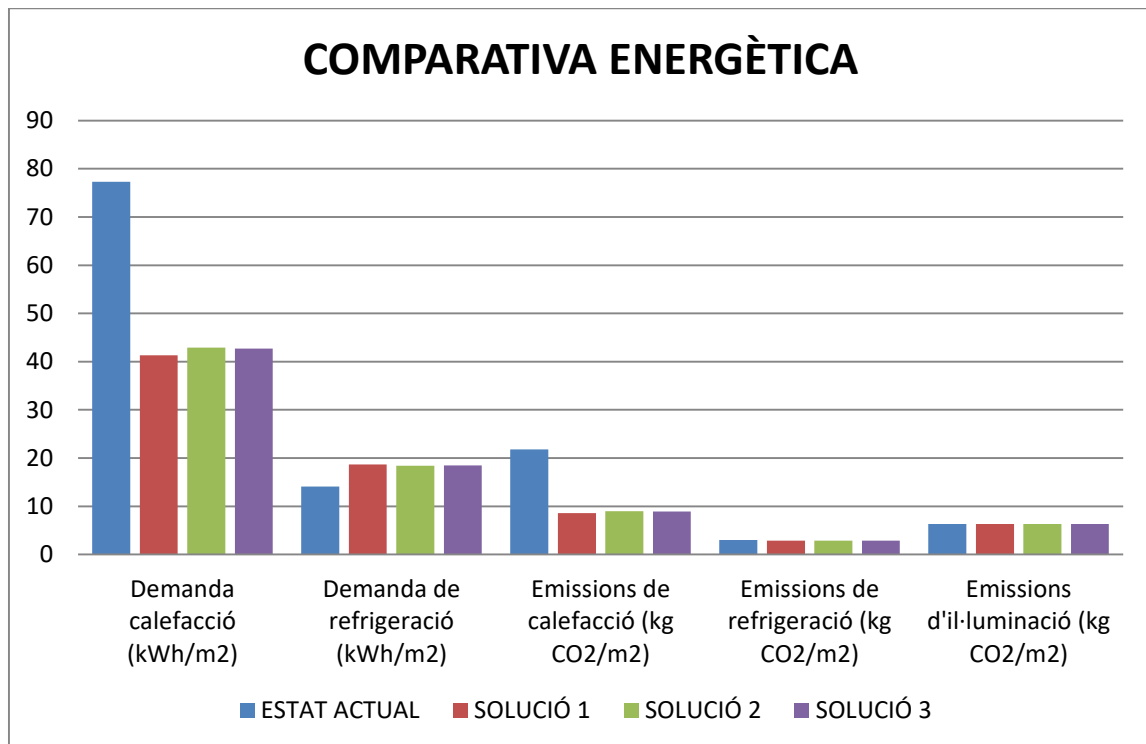
COBERTA	4.388,40€
FAÇANA PRINCIPAL	321.07€
FAÇANA SECUNDÀRIA	3.127,57€
	<b>7.837,04 m<sup>2</sup></b>



## 5 Comparativa entre les solucions

Un cop estudiades les tres solucions les compararem entre elles per tal de poder escollir la més adequada.

### 5.1 Comparativa energètica

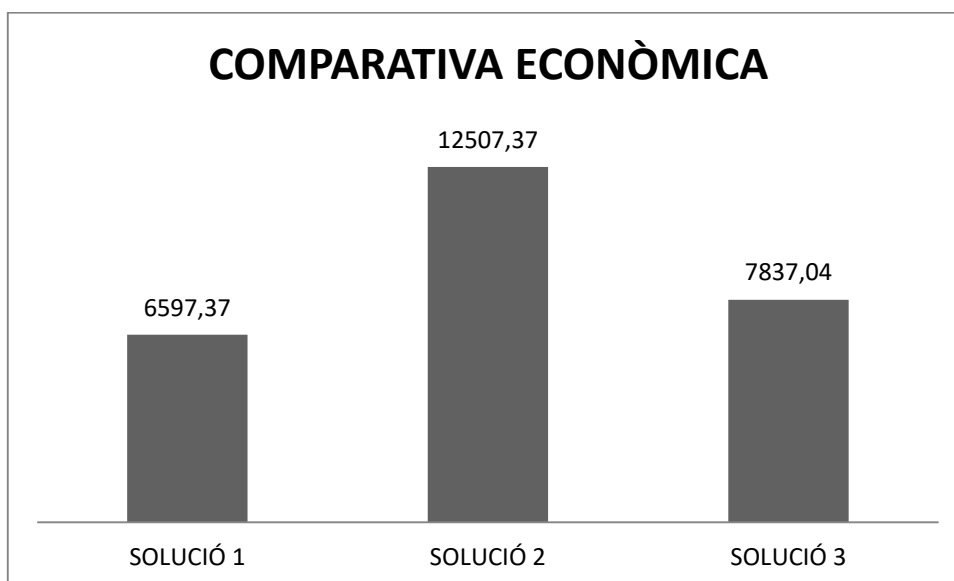


Gràfica 5 - Comparativa energètica

Com es pot observar en la gràfica, gràcies a la incorporació d'aïllament en els murs aconseguim millorar notablement el comportament energètic de l'edifici, ara bé, fixant-nos únicament en les tres solucions es veu que no hi ha grans diferències en els resultats finals entre aquestes, sent la Solució 1 la que aconsegueix un millor comportament, seguida de la tercera i en darrer lloc la segona.

És per això que considerarem les tres opcions adequades i no podrem descartar-n'hi cap per la solució final.

## 5.2 Comparativa econòmica



**Gràfica 6** - Comparativa econòmica

En la gràfica es mostra el preu total que suposaria cada solució, sent la primera la més econòmica, seguida de la tercera i finalment la segona.

De la més econòmica a la menys hi ha 5.910,00 €, és a dir, que la diferència és molt gran sent que, com s'ha vist anteriorment, les prestacions eren similars, és per això que descartarem la Solució 2.

## 5.3 Comparativa dels materials

La última comparativa que es realitzarà serà en funció dels materials utilitzats, és a dir, entre el Poliuretà i la Llana de roca.

### POLIURETÀ

El poliuretà és un producte compost bàsicament per petroli, aquest permet la formació d'una espuma rígida i lleugera amb més del 90% de les cel·les tancades, aquest fet comporta que tingui tan bona conductivitat tèrmica.

Com a característica principal d'aquest material està la seva rigidesa estructural, la gran adherència a qualsevol tipus de material, l'amortiment de possibles vibracions de l'edifici, no absorbeix humitat ambiental i una relació preu capacitat aïllant molt bona. Però també té alguns inconvenients com que com a agent escumant s'utilitza un HCFC (Hidroclorfluorcarbur) que danya la capa d'ozó, és un material molt inflamable i que si es crema extreu un fum molt

tòxic, té un consum d'energia primària per la seva elaboració d'aproximadament 70 MJ/kg i no admet cap tipus de reciclat.

### LLANA DE ROCA

La llana de roca és un producte compost per roca volcànica, aquesta es col·loca en un forn tipus cubilot i es fon, un cop líquida es sotmet a un centrifugat fins convertir-se en fibres a les que se'ls hi afegiran additius aglomerants i olis impermeables, aleshores es forma una massa de llana de roca que es transformarà en diversos productes en forma de panells, mantes, etc.

Com a característica principal d'aquest material tenim que és inesgotable, doncs està generat per roca, aquest és totalment reciclable, ja que totes les restes de llana de roca que no s'hagin utilitzat o bé residus procedents d'obres o demolicions es retornen a les fàbriques on es barrejaran en el procés de producció, generant nous materials amb menor consum de matèria prima i energia; és resistent al foc, doncs es considera el material aïllant més segur, ja que té la classificació al foc A1 (incombustible) davant del foc degut a que és un producte mineral que no contribueix al desenvolupament de l'incendi i que no genera gasos ni fums tòxics; és resistent a ambient humits, doncs es tracta d'un material aïllant imputrescible i hidròfug, per la qual cosa repel·leix a l'aigua sent inapreciable l'absorció d'aigua, tot i això, és transpirable, és a dir, és permeable al vapor d'aigua, el que vol dir que deixa passar el vapor a través dels murs, reduint les possibilitats de formació d'humitats per condensació.

Analitzats els dos materials s'observa que el poliuretà té algunes propietats que no són adequades, i per la diferència entre prestacions i preu es decideix prescindir de l'ús d'aquest, ja que no únicament s'està intentant que l'edifici tingui un bon comportament tèrmic i energètic, sinó que també volem que els materials utilitzats siguin adequats, contaminant el menys possible en el procés de fabricació, en el d'instal·lació i en el final de la seva vida útil.

## **6 Solució final**

### **6.1 Introducció**

Després d'analitzar les tres propostes i comparar-les entre elles veiem que la més adequada és la Solució 3, és a dir, la que combina un aïllament interior de llana mineral en la coberta i la façana principal i un aïllament per l'exterior també de llana mineral mitjançant el sistema SATE.

Per tant, a continuació descriurem detalladament les solucions constructives adoptades per a cada un dels sistemes constructius de l'edifici.<sup>8</sup>

## **6.2 Intervencions**

Observant totes les tipologies de tancaments exteriors que tenim en l'edifici i estudiats els possibles sistemes a aplicar per obtenir un estalvi energètic important en la rehabilitació, s'han escollit les que tenen un millor comportament tèrmic. També, com s'ha dit anteriorment, es canviarà la fusteria i es milloraran les instal·lacions.

### **6.2.1 Espais i usos de l'edifici**

Un cop reformat l'edifici es vol mantenir l'ús, és per això que es faran unes modificacions mínimes en distribució.

#### Accessos

Es mantindran els dos accessos, tant el del local com el de l'edifici, únicament canviarem que a l'entrada de l'edifici s'eliminarà l'esglaó, baixant la cota a la que es troba la porta, per permetre l'accés sense problemes a persones en cadira de rodes. Per tal de recuperar la cota inicial es col·locarà una rampa per la part interior del rebedor i així no haver de canviar l'ascensor o les escales.

### **6.2.2 Memòria constructiva**

#### Sistema estructural

Es manté igual, ja que no cal realitzar canvis en la distribució ni obrir noves obertures.

#### Sistema de compartimentació

Planta baixa: es manté el seu estat actual.

Planta primera: es manté el seu estat actual.

Planta segona: es demoliran els dos envans que divideixen la gran sala en tres, de manera que la llum que entra per les finestres que donen accés al pati interior doni llum natural a tota la sala.

Planta tercera: es farà la mateixa intervenció que en la planta segona.

---

<sup>8</sup> Ja s'ha descrit constructivament l'edifici en l'apartat 3.7 de memòria constructiva, és per això que ara només es descriuran les noves solucions.

### Sistema envoltant

En la **coberta** es col·locarà un sistema d'aïllament per l'interior mitjançant un revestiment autoportant de plaques de guix laminat per la millora de l'aïllament tèrmic i acústic de la coberta.

Aquest sistema està constituït per plaques de guix laminat fixades sobre guies metàl·liques i aquestes suspeses de la coberta (forjat), situant-se en la càmera intermitja llana de roca.

El suport està constituït generalment per un forjat horitzontal, doncs la tipologia de la nostra coberta es plana.

Alguns dels avantatges que trobem utilitzant aquest sistema d'aïllament per l'interior és:

- A l'aplicar-se per l'interior evitem l'aixecament de les capes de cobriment exterior (capa de graves), impermeabilització, etc.
- Possibilita la rehabilitació des del punt de vista estètic de l'interior de l'edifici, conformant una superfície plana i llisa que permet un acabat de pintura (eliminant el risc de fissures).
- Muntatge ràpid i per via seca, permetent l'habitabilitat durant l'execució dels treballs.
- Aporta una millora d'aïllament acústic a sorolls aeris del tancament i una reducció del soroll d'impactes (en el nostre cas no caldria considerar-los, doncs es tracta d'una coberta plana no transitable).
- Especialment adequat quan no es necessari efectuar treballs d'impermeabilització o modificació de la coberta externa de l'edifici.

Aquest sistema té una única limitació, que és que ha de disposar d'una altura mínima d'aproximadament 10 cm per facilitar el muntatge dels sistemes d'ancoratge i el seu anivellament.

El procés d'instal·lació d'aïllament tèrmic consisteix en l'aplicació de panells semirígid de llana mineral sobre el forjat utilitzant fixacions mecàniques de material plàstic. Les plaques de guix laminat es fixaran a llistons a una distància entre eixos a uns 600 mm aproximadament. Els

l·listons es suspendran del forjat mitjançant forquetes de pressió, varetes roscades i tacos d'expansió metàl·lics.

El muntatge del material aïllant de llana mineral d'espessor de 6 cm d'acord amb els requeriments tèrmics i acústics, el sostre de plaques de guix laminat, l'armadura de suport i el sistema d'ancoratge al forjat horitzontal, que permet l'anivellació, conformen una càmera d'espessor variable amb un espessor de 4 cm.

La **façana principal** de l'edifici, que dona a l'Avinguda de Prat de la Riba, es mantindrà com està en el seu estat actual, sense sofrir ninguna modificació estètica ja que és un edifici antic i característic de la ciutat. Tot i això s'hi intervindrà per aconseguir un millor comportament energètic:

Com s'ha explicat anteriorment, la façana principal es tracta d'un mur cortina, és a dir, no podem utilitzar el mateix sistema que en la secundària. Per tant hem de buscar una opció per els casos en que no sigui possible procedir a una rehabilitació de la façana exterior i s'ha decidit col·locar un sistema d'aïllament per l'interior per millorar l'aïllament tèrmic i acústic del tancament vertical.

Està format per plaques de guix laminat fixades sobre perfils metàl·lics independents del mur cortina que constitueix la façana, amb un replenat de l'espai intermig amb llana mineral.

Aquest sistema té molts avantatges:

- Permet sanejar els murs cortina quan aquests presenten defectes.
- Permeten corregir els defectes de planimetria, desplom, etc., del mur de suport.
- És un sistema de construcció "sec". El procés d'instal·lació és ràpid i sense temps d'espera per a secat de morters o guix.
- No es imprescindible desallotjar l'edifici
- Poden efectuar-se intervencions parcials, és a dir, només d'una planta; per tant en el cas d'un edifici d'us administratiu no seria necessari tancar-lo totalment durant tot el procés, sinó que únicament la planta en la que es treballa.

- Les tasques o treballs es consideren obres menors.
- No es precisen sistemes de bastides que ocupin la via pública
- És aplicable a qualsevol tipus de façana.
- Permet allotjar fàcilment instal·lacions entre la placa i l'aïllament.
- Resol els ponts tèrmics integrats en la façana.

En canvi només té un desavantatge, que és la reducció de l'espai interior de les estances en contacte amb la façana.

En la **façana secundària**, que dona a un pati interior, es realitzarà una intervenció afegint aïllament i acabat per l'exterior per la façana mitjançant el sistema d'aïllament tèrmic exterior (SATE), que consta amb els perfils d'arrencada, 1 cm de material adhesiu per a subjectar unes planxes semirígides de llana mineral de resistència tèrmica de  $1,75 \text{ m}^2\text{K/W}$  i un gruix de 6 cm amb un acabat de morter monocapa, una malla de fibra de vidre i una altra capa de morter, formant un gruix de 3 cm.

Alguns dels avantatges que té aquest sistema són:

- S'eliminen els ponts tèrmics, principal causa del deficient aïllament tèrmic.
- S'elimina la condensació interior, així com la formació de moho i aparició de filtracions per humitat.
- Es millora l'aïllament acústic de l'exterior.
- A diferència de la col·locació d'aïllament per l'interior, no es redueixen els espais útils en l'interior de l'edifici.
- Es protegeix la façana en front a les agressions climàtiques, com la pluja, la pol·lució o el vent.
- Es protegeix l'estructura en front a xocs tèrmics.
- Es corregeixen les fissures que es poden trobar al parament existent.

- Es renova l'aspecte complet de la façana, amb la possibilitat d'aplicar multitud d'acabats diferents. Tot i això, en el nostre cas, al ser una façana secundària que dona a l'interior d'un pati, escollirem un acabat senzill per evitar que incrementi més el pressupost.
- No es requereix procedir a ningun enderroc ni treball interior, evitant així embrutar o evitar i/o retardar algunes de les intervencions que es vulguin fer a l'interior.

### Acabats

Els **paviments** de la planta baixa es mantindran, ja que es troben en un bon estat.

La planta primera s'eliminarà la moqueta de les dues sales de juntes i despatxos i es col·locarà parquet, ja que degut als anys que fa que es va construir l'edifici, és impossible trobar el mateix model de rajoles per donar continuïtat a la planta, és per això que escollim l'acabat de fusta, que aportarà més calidesa, és fàcil de mantenir i pot durar molt temps en perfectes condicions. Per escollir quin tipus de parquet instal·larem haurem de tenir en compte varis aspectes per intentar que aquest sigui el més ecològic possible:

- L'origen natural i renovable de la fusta que el compon.
- L'obtenció renovable d'aquesta per part de l'empresa fabricant.
- La no toxicitat del paviment acabat.
- La distància de transport del mateix fins a la ubicació final.
- La capacitat de ser reciclat o reutilitzat.

Per tan per a l'elecció del parquet requereix conèixer una mica la empresa que el fabrica per saber quin és el nivell de compromís amb el medi ambient. És per això que haurem d'assegurar-nos que la fusta utilitzada és d'origen responsable, que els vernissos siguin d'origen natural i innocus. També, en el cas d'utilitzar qualsevol tipus de coles o materials adhesius haurem de tenir en compte la no toxicitat d'aquests.

Un últim aspecte que hem de tenir en compte és el problema de l'electricitat estàtica en els parquets, causada per l'acumulació d'un excés de càrrega elèctrica en zones amb poca conductivitat, de manera que la acumulació de càrrega persisteix.



En el nostre cas, al tractar-se d'una nova instal·lació ens anticiparem a aquest possible futur problema escollint un parquet antiestàtic, utilitzant una base amb làmina d'alumini o de polietilè unida per evitar els efectes.

Altres aspectes que podem tenir en compte serien:

- Intentar que la humitat relativa no superi el 60% perquè no es neutralitzi l'electricitat estàtica. Aquest percentatge es pot aconseguir mitjançant humificadors que regulin automàticament la humitat.
- Utilitzar productes de neteja anti-estàtics, fent que quan s'humiteja el paviment es neutralitza l'electricitat.
- Es pot recomanar als usuaris utilitzar calçat que eviti que ells mateixos siguin conductors d'electricitat.
- Utilitzar toma de terra elèctrica que derivi aquestes descàrregues elèctriques.

Pel que fa a les altres zones que es troben enrajolades es mantindran.

En la segona i la tercera també es manté ja que tampoc trobem moqueta.

En el pati interior, al estar a la intempèrie i per falta de manteniment, algunes rajoles s'han trencat. És per això que es substituiran les rajoles col·locant-n'hi per exterior, resistents al clima extrem, molt fred a l'hivern i molt calorós a l'estiu, de Lleida.

Pel que fa als fals **sostres** es canviaran les plaques d'escaiola, ja que amb el pas del temps han agafat un color grossos que dona una imatge d'antic.

Tota la **fusteria** existent en l'edifici cas d'estudi, tant de la façana principal com de la secundària, que són finestres de fusta i poc estanques, seran substituïdes per unes finestres de PCV amb doble vidre i cambra d'aire. S'ha escollit el material del PVC perquè és un material no conductor i per tant proporciona un aïllament natural. A més, és un material molt resistent i segur.

Els elements que conformaran la fusteria són:

Bastida principal: que serà de PVC, consistirà en uns perfils multicapa amb un grup de 4 mm.

Les dimensions d'aquests variarà en funció de la mida o el tipus de finestra.

Perfil de reforç: aquest serà d'acer galvanitzat i amb un gruix d'1,5 mm com a mínim. Aquests reforços permetran l'ancoratge de les ferramentes als marcs i les fulles, així com conferir inèrcia a la finestra per a suportar el propi pes de la finestra, la força que pugui originar el vent i els moviments de la mateixa.

Les portes d'accés són noves, metàl·liques i es troben en bon estat, és per això que no hi ha la necessitat de substituir-les.

### 6.2.3 Instal·lacions

El **sistema d'acondicionament ambiental** s'aprofitarà l'orientació de les façanes a través de les obertures per a que sigui de forma natural per ventilació creuada.

Les instal·lacions de **sanejament** no es modificarà la instal·lació, únicament es faran canvis en elements que puguin estar en mal estat per el pas del temps.

El **sistema de calefacció**, com s'ha explicat anteriorment, l'edifici només en disposava en la planta baixa i la primera, fent que les dues superiors s'haguessin d'escalfar o refrigerar amb aparells elèctrics. Per tant un gran canvi que es realitzarà en l'edifici és fer arribar la instal·lació de calefacció a totes les plantes. També es substituirà la caldera existent, doncs és la que es va instal·lar al construir l'edifici i per tant té més de 30 anys. Per això es substituirà per una altra bomba de calor aerotèrmica, aquest tipus de bombes són d'última generació dissenyades per aportar refrigeració a l'estiu, calefacció a l'hivern i aigua calenta tot l'any.

L'aerotèrmia quan funciona com calefacció o en aigua calenta, extrau energia continguda en l'aire exterior, inclús en temperatures sota zero i la transfereix a l'habitació a través de conductes que es troben en el fals sostre, aconseguint que quedi totalment integrada en l'edifici i per tant no tinguem aparells a la vista. S'instal·laran termòstats en cada planta per poder regular la temperatura i, fins tot, dos en les dues plantes superiors, que dediquen gran part de la superfície a emmagatzematge i no és necessari calefactar o refrigerar tant com les altres estances. Una altra modificació que farem serà canviar el sistema de reixetes fixes original per un de reixetes programables estratègicament col·locades per on surt el flux de l'aire, de manera que quan s'assoleixi la temperatura fixada, la reixeta tancarà el pas de l'aire per no sobre-refredar l'estança. La reixeta s'obrirà de nou quan l'habitació torna a necessitar climatització. D'aquesta manera cada espai rep la quantitat justa de frigories, estalviant energia i garantint el confort.

Un gran avantatge del sistema d'aire acondicionat per conductes és que permet la zonificació, o dit d'una altra forma, la capacitat de regular la temperatura i el flux d'aire en cada estància de l'edifici.

La instal·lació d'**electricitat** es troba en bon estat, és per això que no caldrà realitzar cap modificació, el que si que es farà és proposar la instal·lació d'un sistema complementari de **plaques solars fotovoltaïques** per aconseguir reduir el consum d'energies no renovables, creant així un sistema mixte d'aerotèrmia i fotovoltaica que podríem considerar pràcticament renovable ja que l'aerotèrmia pot aportar aproximadament un 75% de la seva energia de forma gratuïta de l'aire.

Aquest sistema mixt funcionaria de tal manera que s'utilitzarien les plaques solars fotovoltaïques per generar part de l'electricitat que necessita la màquina de climatització per a la producció de calor i fred.

S'ha escollit aquest sistema de plaques ja que els rendiments combinant-los amb l'aerotèrmia són majors, ja que per exemple en el cas de l'electricitat amb la solar tèrmica pots aportar calefacció, però al tractar-se d'un circuit tancat, el rendiments dels captadors cau i no passa del 30 o 40%; un altre motiu és que amb les plaques d'energia solar fotovoltaica, si hi hagués sobrant d'energia, aquesta es podria aprofitar i ser utilitzada en altres aparells de consum elèctric de l'edifici, en canvi, el sobrant de la tèrmica, sobretot a l'estiu, pot provocar d'anys al sistema; parlant del manteniment dels sistemes, la màquina d'aerotèrmia necessita un manteniment com qualsevol equip de climatització i inferior al d'una caldera al no necessitar dipòsit de combustible ni sortida de fums, els equips fotovoltaics també tenen un cost de manteniment molt baix i una durabilitat molt més alta que la tèrmica, en que per altra part són molt més elevats.

Abans de realitzar una instal·lació de plaques hi ha uns punts que cal tenir en compte perquè el procés sigui correcte:

La primera fase de qualsevol instal·lació solar és avaluar el teu edifici, per comprovar si és possible realitzar la instal·lació de plaques fotovoltaïques en ella. Un cop assegurat que és poden instal·lar cal realitzar el disseny i el dimensionament, mesurant la coberta, avaluant l'estat d'aquesta i el de l'estructura, analitzant les ombres i hores de sol. També es revisarà el quadre elèctric per determinar que sigui segur connectar els panells a la instal·lació existent.

Un cop finalitzat el disseny cal sol·licitar els permisos necessaris, esperar que aquests siguin acceptats i procedir a la instal·lació.

La instal·lació durarà entre 1 i 3 dies. Sovint es comença per la preparació del terreny per garantir que la instal·lació es fixa correctament al sostre. Després d'això es realitza el cablejat elèctric, que es connecta al sistema d'alimentació general i al quadre elèctric de la propietat. Un cop fet el cablejat elèctric, s'instal·len les estructures sobre les quals es col·loquen els panells solars. Finalment s'instal·la a l'inversor, que es connecta als panells per convertir l'energia que produeixen en corrent continu a corrent altern, perquè pugui utilitzar-se.

En aquest moment és quan "encens l'interruptor" i la instal·lació d'autoconsum comença a generar energia neta i renovable.

A continuació es farà un càlcul de la quantitat de panells fotovoltaics necessaris per a l'edifici. Per a aquesta estimació s'utilitzarà el següent procediment:

### 1. Càlcul del consum de l'edifici

Establirem els equips dels que disposarà l'edifici i el consum d'energia de cadascun.

ELEMENT	UNITATS	HORES ÚS	WATTS	WATTS DIA
Bombetes	30	6	60	10800
Fluorescents	45	8	45	16200
Modem	2	24	30	1440
Ordenadors	32	4	60	7680
Impressores	6	8	200	9600
Nevera	1	24	200	4800

Microones	1	0.5	800	400
<b>TOTAL</b>				<b>50.920</b>

**Taula 3-** Consums energètics

Al consum total li aplicarem un rendiment de la instal·lació del 75% per a calcular l'energia total per abastir la instal·lació:

Total d'energia necessària = **38.190 Wh/dia**

## 2. Radiació solar disponible

Des de l'aplicació PVGIS podem obtenir les dades de insolació de l'edifici, ficant les coordenades de la latitud i longitud i la inclinació dels mòduls que considerarem de 35 deg.

MÉS	ED.	EM.	HD.	HM.
Gener	2.57	80.5	3.22	101
Febrer	3.91	105	4.85	135
Març	4.86	152	6.28	194
Abril	4.58	137	6.03	182
Maig	4.86	149	5.59	205
Juny	5.10	148	6.95	206
Juliol	5.21	159	7.21	222
Agost	4.95	152	6.96	214

Setembre	4.68	141	6.32	187
Octubre	3.98	120	5.25	164
Novembre	3.06	92	3.85	113
Desembre	2.33	73	2.89	90
<b>PROMIG</b>	<b>4.17</b>	<b>125.7</b>	<b>5.45</b>	<b>167.75</b>

Taula 4- Radiació solar dels diferents mesos

El mes més desfavorable és el Desembre amb 2.89 kWh·m<sup>2</sup>/dia. De forma que dimensionarem la instal·lació per a les condicions més desfavorables d'insolació, així que ens assegurarem que cobrirem la demanda durant tot l'any.

### 3. Càlcul de plaques solars fotovoltaïques necessaris

A continuació realitzarem els càlculs per a establir el número de mòduls en funció de les condicions de radiació més desfavorables durant l'any.

S'han escollit els mòduls de 180W per a la realització dels càlculs, i el rendiment de treball té en compte les pèrdues produïdes, ja siguin per brutícia o deteriorament dels panells, aquestes considerarem que són de 0.8.<sup>9</sup>

Aleshores el nombre de mòduls serà =  $38.190 / (2,89 \cdot 0,8 \cdot 180) = 91,76$

Per tant es necessitarien 92 panells per cobrir la totalitat d'energia de l'edifici.

En el nostre cas, únicament ens plantejem cobrir el 10% d'aquesta demanda, per tant només necessitem:

$$\text{Número de mòduls} = 92 \cdot 0,1 = 9,2$$

<sup>9</sup> En l'Annex VII es mostra un exemple de fitxa tècnica de plaques solars fotovoltaïques.

Es col·locaran 10 panells en la coberta, amb orientació a Sud i amb una inclinació de 55º a l'hivern i de 10º a l'estiu.

#### 6.2.4 Payback de la rehabilitació

A continuació estimarem el termini de recuperació de la inversió que s'haurà de realitzar per a la rehabilitació de l'edifici.

Aleshores, coneixem que l'estat actual l'edifici té un consum energètic de 183,60 kWh/m<sup>2</sup> any i que la superfície total es de 906,74 m<sup>2</sup>, obtenim un consum de 166.477,46 kWh any. Si tenim en compte que el preu mig del Kw és de 0,14€, en un any el cost ascendirà a 23.306,85€.

Afegint les solucions constructives explicades anteriorment, s'ha aconseguit disminuir el consum a 106,80 kWh/m<sup>2</sup> any, 76,80 kWh/m<sup>2</sup> de diferència, i per la mateixa superfície i cost, la quantitat serà de 13.557,57€.

Per tant la diferència és de 9.749,27€ únicament en un any.

El cost de la reforma, únicament tenint en compte la incorporació de l'aïllament, ascendeix a 7.837,04€, 1.912,23€ menys que l'estalvi total en el consum energètic, per tant tan sols necessitem un any per recuperar la inversió.<sup>10</sup>

#### 6.3 Objectius assolits

Un cop realitzada la rehabilitació energètica de l'edifici que com s'explica anteriorment consisteix en la implantació del nou sistema d'aïllament per l'interior i l'exterior a les façanes de l'edifici s'aconsegueixen uns resultats energètics molt més favorables que els obtinguts abans de la rehabilitació. Per tant podem dir que s'han assolit els objectius proposats des del principi del treball.

Amb el sistema d'aïllament per l'interior i l'exterior i la substitució de la fusteria i els vidres aconseguim disminuir un dels paràmetres més desfavorables, com la demanda de calefacció de l'edifici i per tant el consum d'energia, aconseguint una reducció del cost de les factures. Podem afirmar doncs que hem cobert les necessitats plantejades des de l'inici del treball, tant a nivell energètic com a nivell econòmic.

---

<sup>10</sup> En l'Annex VIII es mostren els càlculs realitzats.

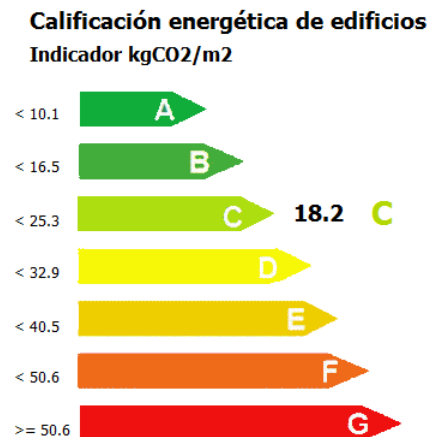
### **6.3.1 Certificat energètic de la proposta**

La intervenció proposada i estudiada en aquest projecte de rehabilitació de l'edifici tenia com a objectiu principal millorar l'envoltant tèrmic i instal·lacions de l'edifici. D'aquesta manera disminuirien les emissions de diòxid de carboni a l'atmosfera i la demanda d'energia.

Un cop definits els sistemes constructius i materials s'ha realitzat un nou estudi del comportament energètic. Les millores realitzades afecten directament a les façanes, elements en contacte amb el terreny, coberta, obertures en les façanes i millora de les instal·lacions, a més a més, de solucionar els ponts tèrmics existents en tota la envoltant.



En la següent fotografia s'observa el resultat del nou certificat energètic:



**Fotografia 20** - Resultat qualificació energètica

Per tant podem observar com inicialment l'edifici tenia una elevada demanda energètica (31.1D) però en cas de realitzar la rehabilitació la millora en aquest àmbit és molt significativa (18.2C). Les millores, a més a més de reduir les emissions, també repercuteixen en una baixada del 41,47% de la demanda energètica respecte a l'estat actual de l'edifici.

#### 6.4 Futur del l'eficiència energètica

El sector de l'edificació està en constant evolució i, encara que al nostre país el volum d'edificis nous ha deixat d'augmentar de forma incontrolada com en els últims anys, en altres països el ritme d'edificació segueix sent considerable. Tenint en compte la pujada del preu del petroli i les energies en general i a causa que el 40% de l'energia consumida al món és la dels edificis, sembla lògic que des d'Europa s'hagi decidit legislar en aquests termes. Prova d'aquesta legislació és la DIRECTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENT EUROPEU I DEL CONSELL de 19 de maig de 2010 relativa a l'eficiència energètica dels edificis, la qual deroga la DIRECTIVA 2002/91/CE de parlament europeu i del consell a partir de l'1 de febrer de 2012. La Directiva 2010/31/UE pretén fomentar l'eficiència energètica dels edificis que es troben en la Unió Europea, per a això, desenvolupa el seu articulat entorn de 5 requisits. Aquests requisits són els següents:

- 1.- Metodologia de càlcul de l'eficiència energètica dels edificis o unitats de l'edifici comú.
- 2.- Aplicació de requisits mínims a l'eficiència energètica dels edificis nous o de noves

unitats de l'edifici, així com dels edificis, unitats, instal·lacions tècniques i elements d'edificis que vagin a ser objecte de reformes importants, es vagin a substituir o modernitzar i tinguin repercussions significatives en l'eficiència energètica.

3.- Creació per part dels Estats Membres de plans nacionals destinats a augmentar el nombre d'edificis de consum energètic gairebé nul.

4.- Certificació energètica dels edificis o unitats d'aquest.

5.- Inspeccions periòdiques de les instal·lacions de calefacció i aire condicionat dels edificis.

Sens dubte, el punt dos serà el més difícil de complir i de desenvolupar pels Estats Membres, ja que l'aplicació dels requisits mínims de l'eficiència energètica en edificis existents suposarà la modificació de sistemes o subsistemes constructius en la majoria del parc d'edificis del país. Així mateix, s'haurà de desenvolupar una legislació estatal que permeti als propietaris dels habitatges, de forma individual, complir amb la normativa i que per a l'any 2020, la totalitat dels edificis nous, tinguin un consum energètic gairebé nul. Amb aquestes mesures, la Unió Europea pretén reduir les emissions de CO<sub>2</sub> i els gasos d'efecte hivernacle a l'atmosfera, a fi de donar compliment al protocol de Kyoto, així com aconseguir que el 20% de l'energia total necessària sigui subministrada per fonts d'energies renovables, fomentant l'ús d'aquestes i reduint el consum energètic.

Sota el meu punt de vista, la peça fonamental per reduir el consum energètic és fent un ús responsable de l'energia, per a això, els estats membres han de promoure campanyes de conscienciació i de difusió de les mesures i accions necessàries en els actes quotidians, que fomentin un ús eficient de l'energia.

Una vegada aconseguit l'ús i no l'abús de l'energia, i no abans, és quan s'hauria de començar a parlar d'ajudes i subvencions per a la instal·lació d'equips i sistemes eficients energèticament. Per concloure, i al meu entendre és en síntesi el que intenta fer veure la normativa, l'eficiència energètica i l'ús responsable de l'energia és un tasca comuna de les persones que resideixen en la Unió Europea.

Per la seva banda el Govern d'Espanya explica, des de juny de 2008 amb un projecte de Reial Decret pel qual s'aprova el procediment bàsic per a la certificació d'eficiència energètica d'edificis existents, ja que en la Directiva 2002/91/CE ja es feia constar la necessitat de certificar energèticament els edificis existents.

El projecte de Reial Decret, amplia l'àmbit d'aplicació dels edificis contingut en el RD 47/2007 als edificis existents, per la qual cosa queda inclòs la totalitat de les edificacions espanyoles en l'obligació de certificar-se energèticament.

El principal objectiu és establir les condicions per a la realització de certificacions d'eficiència energètica dels edificis existents amb la finalitat de promoure edificis d'alta eficiència energètica així com les inversions en estalvi d'energia, proporcionant informació als compradors i usuaris sobre les característiques energètiques, en forma d'un certificat d'eficiència energètica que permeti valorar i comparar les seves prestacions. Per aconseguir aquests propòsits, el Reial Decret planteja un procediment de certificació energètica, així com el contingut mínim d'aquest, i els qui poden procedir a realitzar-ho. Així mateix, planteja un control extern, per part de les administracions públiques de cada Comunitat Autònoma, mitjançant la realització d'inspeccions a fi de comprovar i vigilar el compliment de la certificació d'eficiència energètica d'edificis.

Finalment estableix uns terminis per obtenir el certificat dels edificis en funció de la potència tèrmica nominal instal·lada, els quals han de ser complerts a fi d'evitar sancions, considerades infraccions en matèria de protecció al consumidor.

A continuació i a manera de resum, se citen els apartats més destacats del projecte de Reial Decret:

- Les Comunitats Autònomes establiran un calendari, prèvia identificació dels edificis que han de realitzar la certificació energètica, que posteriorment serà comunicada als afectats en el termini màxim de 6 mesos després de publicar-se el Reial Decret.
- Els edificis amb una superfície útil total superior a 1.000m<sup>2</sup> que presentin serveis públics a un nombre important de persones, tant si són edificis públics o privats, hauran d'exhibir en un lloc visible al públic i destacat l'etiqueta d'eficiència energètica de forma obligatòria.
- El responsable o responsables d'obtenir la certificació energètica amb una validesa de 10 anys, serà el propietari o propietaris de l'edifici.
- En qualsevol oferta, promoció i publicitat dirigida a la venda o arrendament de l'edifici haurà de ser inclosa l'etiqueta d'eficiència energètica.

- Al moment de cessió dels drets d'un edifici ja sigui mitjançant venda o lloguer d'aquest, total o parcialment, el venedor o arrendador lliurarà al comprador o inquilí, el certificat d'eficiència energètica de l'edifici.

Es pot concloure per tant, que la normativa resumida anteriorment té un clar objectiu final que consisteix en la millora de l'eficiència energètica dels edificis situats al territori nacional, reduint el consum d'energia primària mitjançant mesures d'estalvi energètic i eficiència energètica i reduir per tant les emissions de CO<sub>2</sub> a l'atmosfera.

No obstant això, segueixo creient, com ja he dit anteriorment en aquest mateix apartat, en la necessitat de promoure el consum responsable de l'energia, així com la realització de campanyes de conscienciació de la ciutadania com pot ser proporcionant informació dels sistemes de producció d'energia mitjançant fonts d'energia renovables, indicant avantatges i inconvenients de cadascun d'ells, assessorant sobre quan convé col·locar un o un altre, en funció de les necessitats dels propietaris, així com donant consells i directrius a fi de consumir l'energia justa sense malgastar-la, abans de proposar sancions.

## 7 Conclusions

Arribat a aquest punt del treball, puc afirmar que he assolit els objectius plantejats inicialment, els quals consistien en millorar tant a nivell energètic com bioclimàtic un antic edifici de la ciutat de Lleida.

He aconseguit assolir aquests objectius amb la recerca i comparació de diversos sistemes, comparant-los i escollint el que considerava més oportú per les prestacions que presentava.

Seguidament he realitzat la rehabilitació, aquesta ha consistit en la implantació de diferents sistemes, degut a les diverses tipologies de tancaments que trobàvem:

Aïllament per l'interior per la coberta i façana principal (nord) i aïllament per l'exterior amb un sistema SATE en la secundària (sud).

Substitució de la fusteria existent, de fusta en mal estat i vidre simple, per una de PVC de cambres estanques i envidrament de tipus baix emissiu.

Canvi en alguns acabats, com per exemple la moqueta que es trobava en alguns despatxos o sales de juntes.

Implantació d'un nou sistema de calefacció a partir d'una bomba aerotèrmica, a més de fer arribar la instal·lació a totes les plantes.

Possible instal·lació de plaques solars fotovoltaïques per ajudar a la contribució energètica, que van unides al sistema aerotèrmic.

Totes aquestes millores s'han anat descrivint amb més detall al llarg del treball.

D'aquesta manera, finalment, s'ha aconseguit assolir una qualificació energètica C, molt millor que la D obtinguda inicialment abans d'aplicar cap modificació.

Finalment, la conclusió que extrec de tota la feina realitzada al llarg del treball, és que amb petites millores en els edificis podem ajudar a solucionar molts dels problemes ambientals actuals gràcies a disminuir el consum energètic i a un millor rendiment dels sistemes constructius i d'instal·lacions de l'edifici. Així doncs, sota el meu punt de vista crec que és necessari conscienciar a la població, així com informar i aconsellar a aquesta sobre el consum energètic dels seus edificis, aportant dades, les possibles millores i accions a realitzar en elles a fi de promoure un consum responsable de l'energia i evitant per tant un consum major del necessari.

## **8 Plànols**

### **8.1 Emplaçament i situació relativa**

### **8.2 Façana principal**

### **8.3 Secció de l'estat actual**

### **8.4 Secció després de la rehabilitació**

### **8.5 Planta de distribució – Planta baixa i primera**

### **8.6 Planta de distribució – Planta segona, tercera i coberta**

### **8.7 Planta acotada – Planta baixa i primera**

### **8.8 Planta acotada – Planta segona, tercera i coberta**

### **8.9 Descripció dels materials – Planta baixa i primera**

### **8.10 Descripció dels materials – Planta segona, tercera i coberta**

### **8.11 Descripció dels materials proposta – Planta baixa i primera**

### **8.12 Descripció dels materials proposta – Planta segona, tercera i coberta**

## **ANNEXES**

## **1. Dades cadastrals de l'immoble**



## **2. Recull fotogràfic de l'edifici**

### **3. Certificat energètic de l'estat inicial**

#### **4. Certificat energètic de la Solució 1**

## **5. Certificat energètic de la Solució 2**

## **6. Certificat energètic de la Solució 3**

## **7. Fitxa tècnica de les plaques solars**

## **8. Càlcul del temps d'amortització**

## **BIBLIOGRAFIA**

### **Llibres**

- *Rehabilitacion energetica de edificios. restauracion y rehabilitacion*  
por Helena Granados Menendez.
- *La rehabilitación actual. Diagnóstico e intervención*  
por José Manuel Boubeta.
- *Tecnologia de las energias renovables*  
por José M<sup>a</sup> Fernández Salgado.
- *Materiales de construcción para edificación y obra civil*  
por Santiago Crespo Escobar

### **Pàgines web**

- <http://rehabilitacionenergetica.com/>
- <http://www.controlstuenergia.gob.es/ayudas-eficiencia/Paginas/rehabilitacion-edificios.aspx>
- <http://www.knaufinsulation.es/soluciones-practicas-para-la-rehabilitacion-energetica>
- <https://ovacen.com/estudio-de-rehabilitacion-energetica/>
- [http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/planes-y-estrategias/EficienciaEnergeticaRehabilitacion\\_FGN\\_tcm7-293380.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/planes-y-estrategias/EficienciaEnergeticaRehabilitacion_FGN_tcm7-293380.pdf)
- <http://www.okupatutambien.net/wp-content/uploads/2014/05/Instalaci%C3%B3n-electrica.pdf>
- [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp\\_289.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_289.pdf)
- <http://www.webconsultas.com/belleza-y-bienestar/medioambiente/soluciones-al-sindrome-del-edificio-enfermo>
- <http://www.construmatica.com/construpedia/Portada>
- <http://www.construred.com/>



- <https://www.soloarquitectura.com/>
- <http://www.ctearquitectura.es/>
- <https://tuclimatizaciononline.es/bomba-calor-aerotermita.html>
- <http://ecoemas.com/bomba-de-calor-aerotermita-ventajas/>
- <https://www.weber.es/sate-aislamiento-termico-por-el-exterior.html>
- <https://www.fachadasate.com/>
- <http://www.knaufinsulation.es/content/ultracoustic-7-dp7-panel-acustico-rigido>
- <http://aislacustic.com/tipos-lanas-minerales-propiedades-aislantes/>

### **Apunts**

- Instal·lacions I i II (1r i 2r Curs – 2013 i 2014)
- Sistemes i tipologies de la construcció (2n Curs – 2014)
- Patologies i diagnosi (3r Curs)
- Oficina Tècnica (4t Curs – 2016)